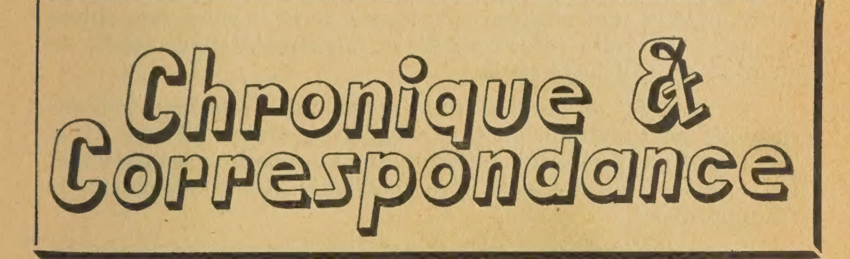
REVUE GENERALE DES SCIENCES
PURES ET APPLIQUEES
ET BULLETIN DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

TOME LXIII Mai-Juin 1956 N°s 5-6



Premiers résultats de l'Enquête de la R. G. S. sur le Troisième Cycle dans les Facultés des Sciences

On trouvera ci-dessous un compte rendu des résultats qui apparaissent à la suite de la lecture des réponses que nous avons reçues à notre enquête sur le Troisième Cycle dans les Facultés des Sciences adressée aux Professeurs et Maîtres de Conférences.

Les questions posées ne comportaient généralement pas de réponses simples (telles que *oui* ou *non*) de sorte qu'il n'est pas possible de les représenter toutes par des nombres ou des pourcentages et aussi de les résumer brièvement. De plus ces réponses sont évidemment très nuancées. Néanmoins il est possible, pour certaines d'entre elles, de dégager des majorités très nettes. C'est ce qui a été fait pour ces premiers résultats. Dans le numéro suivant de la R. G. S. nous nous efforcerons d'exposer les idées générales que l'on peut trouver dans certaines réponses et nous donnerons de larges extraits de certaines d'entre elles parmi celles qui paraissent le mieux exprimer l'opinion d'un grand nombre de ceux qui ont bien voulu répondre à notre enquête. A tous ceux qui l'ont fait, la R. G. S. adresse ses plus vifs remerciements.

Cinq cents circulaires ont été envoyées : 61 réponses ont été reçues à la date du 11 mai 1956, soit 12,2 %. Elles appartiennent aux 16 Facultés des Sciences, Alger compris.

1. Parmi ces 61 réponses, 54, soit 88,5 %, estiment que la création du troisième cycle s'imposait, 7 seulement étant d'un avis contraire.

2. La très grande majorité de ceux qui pensent que le troisième cycle était indispensable estiment qu'il vient à son heure. Certains d'entre eux font même remarquer que dans quelques cas particuliers il existait pratiquement déjà.

Quinze pensent que l'on aurait au préalable dû réformer la licence (certains même la propédeutique). Une dizaine auraient préféré une réforme simultanée de la licence. Les autres estiment que cette réforme doit se faire maintenant, après la création du troisième cycle.

3. Au sujet de l'organisation actuelle du troisième cycle les opinions sont extrêmement variées et nuancées. Si une vingtaine environ l'estiment satisfaisante un nombre sensiblement égal pensent qu'elle doit être améliorée. Cinq seulement la désapprouvent.

La majorité de ceux qui ont envisagé le problème des études supérieures devant précéder le troisième cycle jugent indispensable l'acquisition de connaissances générales : obligation de la licence normale (ou pour certains un certificat fondamental) ou un titre équivalent, par exemple ingénieur d'une Ecole nationale.

4. La très grande majorité (27, soit près de 82 % de ceux qui ont émis une opinion précise sur la création du doctorat du troisième cycle) estiment qu'il aura ou pourra avoir des conséquences heureuses.

Les autres (6) sont d'avis contraire.

Enfin 24, soit un peu plus de 85 %, de ceux qui ont donné leur avis au sujet de la dénomination de « Doctorat » pour sanctionner la thèse de troisième cycle la désapprouvent formellement : un autre nom aurait dû être trouvé (par exemple maître ès sciences). Quatre seulement approuvent le titre de « Docteur de spécialité ».

M. Jean PIVETEAU

Membre de l'Institut.

M. Jean Piveteau, né en 1900, à Rouillac (Charente), fut l'élève de Marcellin Boule au Muséum d'Histoire Naturelle à Paris. Paléontologiste, il fit œuvre de géologue en allant recueillir sur place, dans leurs gisements, les fossiles qui l'intéressaient. C'est ainsi qu'il s'en fut à Madagascar, en 1924, étudier les niveaux à Reptiles de la région de Majunga, qui feraient l'objet de sa thèse.

Chargé de conférences à la Sorbonne en 1934, puis maître de conférences et professeur de Paléontologie, M. Jean Piveteau a une œuvre scientifique considérable sur l'ensemble des Vertébrés : Poissons du Trias, Amphibiens, Reptiles et nombreux groupes de Mammifères. Il est bien connu du grand public lettré par plusieurs de ses ouvrages : « Les Fossiles », publié en collaboration avec Marcellin Boule, puis « Images des mondes disparus ». M. Piveteau s'est penché sur les problèmes de la paléontologie humaine, de l'histoire des sciences et de la philosophie. Enfin, M. Jean Piveteau a entrepris la publication d'un « Traité de Paléontologie » en sept volumes, qui est le premier en langue française. Tout le monde a pu apprécier la haute qualité des quatre volumes déjà parus.

Au début de l'année 1956, l'Académie des Sciences a accueilli M. Piveteau parmi ses membres, ce dont le félicitent ses élèves, ses amis et la *Revue Générale des Sciences*.

R. FURON.

Le Professeur M.-M. JANOT, à l'Académie de Médecine

Le Professeur Maurice-Marie Janot, titulaire de la Chaire de Pharmacie galénique de la Faculté de Pharmacie de Paris, a été élu membre de l'Académie Nationale de Médecine au fauteuil laissé vacant par le décès du Professeur Joseph Bougault.

Fils de pharmacien, M. Janot est né en 1903, à Plombières (Vosges). Peu de temps après son entrée à la Faculté de Pharmacie il s'orienta vers la Chimie organique sous la direction de A. Béhal et aborda, dès 1925, l'étude du sclaréol, principe cristallisé extrait de l'essence de Sauge sarclée, qui devait constituer sa thèse de Doctorat ès sciences.

Cependant, en 1926, le Professeur Goris lui ayant offert un poste d'assistant de la chaire de Pharmacie galénique (à laquelle il lui succéda en 1941), M. Janot s'orienta vers la chimie végétale. Ses recherches ont principalement porté sur les alcaloïdes, les diterpènes, les antibiotiques et divers composés (glucosides, pigments, etc.), la chimie analytique, la matière médicale et la pharmacodynamie puis, afin de mieux saisir les besoins de la thérapeutique, il compléta ses études par celles de médecine. En outre, pendant plusieurs années, il étudia avec MM. Delaby et Charonnat, la radioactivité des eaux thermales, en particulier celles de son pays natal.

Signalons enfin, qu'en 1955. M. Janot a été chargé de créer et de diriger, avec M. Lederer, l'Institut de Chimie des substances naturelles du C. N. R. S. à Gif-sur-Yvette.

R. CONSTANS.

Hermann WEYL - Frédéric RIESZ

(1885-1955) *(1880-1956)*

Un profond hommage doit être rendu ici à la mémoire de deux savants, universellement connus.

***

Hermann Weyl, après avoir illustré diverses chaires, au Polytechnicum, de Zürich et à l'Université de Göttingen, a été appelé en 1933 à l'Institut des hautes études de Princeton. Son talent s'est partagé entre l'Analyse pure et la Physique mathématique.

Ayant réussi à fixer l'ordre asymptotique des valeurs propres pour une équation de Fredholm homogène, il a consolidé quant à la rigueur, dans son livre de 1921, qui fait date, tout ce qui touche aux surfaces de Riemann et à l'uniformisation des fonctions analytiques (réédition en 1955, chez Teubner) : cela, en détaillant un cours qu'il avait donné à Göttingen, sur ce thème, dès 1911.

La théorie de la relativité lui a procuré l'occasion de produire son traité synthétique « Espace, temps, matière », qui depuis 1918, a été plusieurs fois traduit et réédité. Toute la géométrie est reprise à la base, avec distinction des notions affines et notions métriques et avec appui des notations vectorielles ; après quoi un effort analogue se porte vers les constituants physiques du problème. Le développement aboutit à l'une des premières tentatives faites pour intégrer le champ électromagnétique à l'appareil analytico-géométrique de la Relativité généralisée.

Ces appels à la technique générale des espaces ont associé d'assez près les recherches de H. Weyl et celles d'Elie Cartan, depuis 1925, à propos de la géométrie différentielle et de la théorie des groupes ; à cette dernière H. Weyl a consacré plusieurs ouvrages (Gruppentheorie und Quantenmechanik, 1928 ; éditions suivantes accrues : The Classical grupps, 1939, 1946) et de nombreux mémoires, dont certains sont relatifs à la représentation linéaire des groupes.

Dans l'espace ordinaire, un résultat très connu de H. Weyl est la détermination à un déplacement près de la surface frontière d'un solide convexe par la donnée de sa première forme quadratique fondamentale. H. Weyl, animé d'un haut esprit philosophique, a de plus contribué à la critique des principes des mathématiques, en participant aux recherches inaugurées par M. Brouwer et a publié divers ouvrages épistémologiques.



Frédéric Riesz a professé à Koloszvar, à Szeged, ainsi qu'en Amérique. Il a été bientôt connu en France par son livre de 1913 sur les systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues, théorie liée à celle des formes quadratiques à une infinité de variables, aux équations intégrales, et ainsi, à l'espace d'Hilbert. C'est à lui qu'on doit l'expression d'une fonctionnelle linéaire au moyen d'une intégrale de Stieltjes, et beaucoup de résultats où le rôle essentiel revient aux fonctions de carré sommable et à la convergence en moyenne (théorème de Riesz-Fischer). Il a développé, en montrant tout son intérêt, une ample théorie des opérateurs dans l'espace d'Hilbert. Enfin, on lui doit les Leçons d'Analyse fonctionnelle, rédigées en collaboration avec M. B. de Nagy, ouvrage incomparable, dont l'analyse paraîtra ici-même.



Avec H. Weyl et F. Riesz, les mathématiciens français perdent deux amis fidèles. Tous deux appartenaient à l'Académie des Sciences ; tous deux étaient inscrits sur la liste des docteurs H. C. de l'Université de Paris.

G. Bouligand.

UN NOUVEAU TRAITÉ DE GÉOLOGIE (1)

Dans le premier numéro de 1956 de cette *revue*, j'ai indiqué, à l'usage des non-géologues, quelques-uns des progrès de la Géologie depuis 50 ans. Comme toutes les sciences, la Géologie a évolué. Elle a évolué à un tel point qu'on a pu poser la ques-

(1) Termier (Henri), Termier (Geneviève). — Traité de Géologie. L'Evolution de la Lithosphère. I. Pétrogénèse. 1 vol. grand in-8°, 653 pages, 14 tableaux, 40 figures et cartes, 54 planches et cartes hors-texte. Paris, 1956, Masson et Cie, éditeurs (Prix : 8.800 francs).

tion de savoir si elle était encore une « science naturelle » ou bien si elle était devenue une « science physique ». Elle reste certainement une science de la Nature.

L'évolution de la Géologie a pu être suivie par les spécialistes de chacune de ses branches, mais il faut la parution d'un Traité pour tout mettre au point et livrer à l'Enseignement public les découvertes de 25 ou de 50 ans. C'est un événement qui ne se produit que deux fois par siècle.

Après nous avoir donné l' « Histoire géologique de la Biosphère » en 1952, le professeur et Mme Termier nous apportent le tome premier de leur « Traité de Géologie » : « L'Evolution de la Lithosphère. I. La Pétrogénèse ». Les tomes suivants sont annoncés : 2. Orogénèse. 3. Glyptogénèse.

On voit, dès les titres, comme le champ de la Géologie s'est étendu depuis les Traités d'Albert de Lapparent et d'Emile Haug, essentiellement consacrés aux phénomènes actuels et à la Stratigraphie. La Stratigraphie, pratiquement limitée à l'histoire des 500 derniers millions d'années, n'est plus qu'une part de la Géologie, devenue tout à fait classique et ne posant pour ainsi dire plus de problèmes, sauf de détail.

Or, l'Histoire de la Terre est bien plus longue et s'étend sur quatre ou cinq milliards d'années.

C'est toute l'histoire de la Lithosphère qu'il faut reconstituer. C'est bien l'histoire de la croûte terrestre que nous trouvons dans ce tome I, sa genèse et son évolution, les conditions de formation des roches qui la constituent, et que nous connaissons grâce aux plissements et à l'érosion, sur 25 kilomètres d'épaisseur.

Il est rappelé au lecteur que la Lithosphère est avant tout un assemblage d'ions et que « le jeu subtil de la Physique et de la Chimie atomiques est le pivot de la formation des minéraux et de leurs associations ». Les lois de la Thermodynamique sont invoquées pour expliquer les modalités possibles de l'élaboration des roches, mais les auteurs rappellent que ces données n'ont pas de sens par elles-mêmes, et qu'elles n'en prennent que si on les associent à l'observation des roches sur le terrain. De fait, en pétrographie, l'expérimentation ne peut avoir que de lointains rapports avec les conditions naturelles.

Dans la première partie, consacrée aux Généralités (pp. II-204), nous trouvons les vues sur la Cosmochimie, sur la naissance de la Terre, les sources d'énergie terrestre, les charpentes de la Lithosphère, les déplacements de matière et les minéraux. Ceci conduit à un chapitre de Géochimie, qu'on est heureux de trouver dans un traité de Géologie. L'examen de la radioactivité se termine par un exposé des principes de la mesure des temps géologiques. Nous sommes alors en possession de tous les éléments nécessaires à la compréhension de la deuxième partie : « Les grands problèmes de la Pétrogénèse ».

Les différentes classifications des roches éruptives se montrent imparfaites et insuffisantes ; on tend vers une classification génétique qui complèterait la classification chimique. On entre plus avant dans le problème en examinant ce que pourrait être un magma, puis le domaine de l'instable, le volcanisme et le sima. A propos du sial, les problèmes du métamorphisme nous conduisent à ceux du métabolisme et à ses voies, au rôle et au devenir des sédiments.

Le problème des granites est longuement discuté (pp. 424-496) après un exposé d'un grand nombre de *faits*. Il devient évident que le métamorphisme régional est le phénomène-clef de la formation du granite et qu'il se produit dans les fosses géosynclinales, sous des pressions et températures élevées. Il s'élabore dans le calme et les sédiments transformés y conservent leur foliation, leur orientation. Les phases de granitisation qui suivent sont liées à l'orogénèse et à ses phases tectoniques, selon des modalités qui restent encore secrètes.

Après un retour au volcanisme, on passe aux roches convergentes surtout basiques, puis aux roches alcalines aberrantes. On a vu peu à peu le Sial se différencier aux dépens du Sima, ce qui est une notion nouvelle et un fil conducteur.

Et le volume se termine par un index de 33 pages et des tables, qui en rendent la consultation facile.

L'illustration est originale et la présentation parfaite, ce qui nous permet d'associer les éditeurs et les auteurs aux compliments que l'on peut faire à un ouvrage qui, à tous égards, honore la Science française.

Nous lui souhaitons beaucoup de lecteurs, qui voudront y chercher un enseignement et une orientation.

R. Furon.

Echos & Nouvelles

● **La pollution par le mazout.** — Le 12 mai 1954, les délégués de 32 gouvernements ont signé à Londres une Convention qui précisait les moyens de lutte contre la terrible pollution des eaux de mers et des côtes par les résidus de mazout déversés par les pétroliers. Depuis le mois de mai, les effets de cette pollution n'ont fait que s'aggraver ; des milliers d'oiseaux de mer ont encore péri, les plages sont de plus en plus souillées et les baigneurs on ont pâti. De divers côtés parvient aussi la rumeur que les résidus d'huile lourde, qui contiendraient des substances cancérigènes, seraient communiqués aux huîtres et aux moules (selon Shimkin, Koe et Zechmeister, in Reding). Aucune des Nations signataires du Traité n'a encore jugé bon de ratifier la Convention, et la lutte contre cette « peste » de nos côtes ne se déroule encore que partiellement et à l'échelle locale. L'U.I.P.N., se conformant à une résolution adoptée lors de sa dernière Assemblée Générale, à Copenhague, essaye de s'entremettre auprès des autorités intéressées dans divers pays, afin de stimuler la mise en vigueur des mesures indispensables.

(U.I.P.N.)

● **L'expansion de la production des diamants industriels.** — H. P. Chandler, du Bureau des Mines de Washington (1), étudie l'expansion qui se produit depuis quelques années des diamants naturels utilisés dans l'industrie.

L'utilisation des diamants industriels en quantités de plus en plus importantes provient de la fabrication croissante d'outils en carbures très durs exigeant pour les travailler des meules en diamant. Cette fabrication consomme, en effet, aux Etats-Unis environ 80 % des importations de diamants industriels et de poussières de diamant. Aussi le marché des diamants industriels est actuellement en pleine expansion. Les mines de Balawanga, au Congo Belge, fournissent actuellement les trois quarts de la production mondiale ; elles possèdent des installations très modernes et ont mis au point de nouvelles méthodes de concentration alors que les anciennes méthodes entraînaient des pertes de diamants de petites dimensions.

Quoique l'industrie des substituts du diamant (carbures, nitrures, borures) soit aussi en plein développement, le marché des diamants industriels a un brillant avenir. Aussi la prospection continue-t-elle tant en Afrique qu'en Amérique du Sud.

---

(1) Bulletin 556, Mineral Facts and problems.

Emile BOREL

par Paul MONTEL,
Membre de l'Institut.

La mort d'Emile Borel, le 3 février dernier, a mis en deuil le monde scientifique tout entier. Tous ceux qui furent ses élèves directs, tous ceux qui ont puisé dans ses livres des résultats et des méthodes ont mesuré avec tristesse l'immensité de cette perte. Ce grand savant, cet éminent professeur à magnifiquement servi son pays, non seulement par son action scientifique, mais aussi par ses qualités d'organisateur et l'ardeur de son patriotisme. Examinons les divers aspects de ce génie multiple et, particulièrement, son activité mathématique.

Il était né à Saint-Affrique, dans l'Aveyron, le 7 janvier 1871. Son père était Honoré Borel, pasteur, président du Consistoire de la ville et directeur d'une école privée dont le jeune Emile suivra les cours jusqu'à 12 ans. Ensuite, c'est le Lycée de Montauban, puis le Collège Sainte-Barbe à Paris et enfin, l'Ecole Normale Supérieure où il est reçu premier, à dix-huit ans, en même temps que premier à l'Ecole Polytechnique et au Concours général des Lycées.

En 1892, agrégé de mathématiques, il quitte l'Ecole Normale pour le régiment ; en 1893, il est maître de conférences à l'Université de Lille puis, docteur ès sciences, il est rappelé à Paris en 1897 où il débute comme maître de conférences à l'Ecole Normale. Nommé en 1909 professeur de Théorie des fonctions à la Sorbonne, il prend en 1920 la chaire de Calcul des Probabilités et Physique mathématique qu'il ne quittera plus. Entre temps, de 1910 à 1920, il a été sous-directeur scientifique de l'Ecole Normale Supérieure. Elu en 1921 membre de notre Académie des Sciences, il en sera le président en 1934. Ses travaux lui ont acquis une célébrité mondiale ; les organisations nationales ou internationales qui s'occupent de science tiennent à honneur de le compter parmi leurs membres ; les Académies étrangères l'élisent comme confrère ; les différents pays lui décernent leurs plus hautes distinctions. Il accepte d'accomplir à l'étranger, de la Grande-Bretagne aux Antilles, de la Chine aux deux Amériques, des missions qui servent au rayonnement de la Science française. Grand-croix de la Légion d'honneur, membre du Conseil de cet Ordre, notre Centre National de la recherche scientifique lui a décerné l'an dernier sa première médaille d'or.

Il est intéressant de suivre les démarches de sa pensée créatrice dans la science mathématique. L'œuvre de Cauchy n'a cessé de l'enthousiasmer. Cauchy a été à l'origine de ce mouvement mathématique qui, reprenant les notions essentielles, les a soumises à un examen rigoureux et pénétrant. C'était le mo-

ment où les théories de Cantor sur les ensembles venaient de créer un nouvel et puissant instrument de travail. Borel va aussitôt l'utiliser et l'enrichir.

A l'époque de Cauchy, on connaissait nombre de fonctions particulières et leur réunion, que pouvaient éventuellement accroître des fonctions nouvelles, suffisait à la conception de l'idée générale de fonction. Nul ne songeait alors à donner une définition directe de la fonction et Cauchy ne s'en était pas soucié. Au contraire, pour Riemann et pour Dirichlet, la notion de fonction d'une variable était intimement liée à l'existence d'une correspondance entre sa valeur et celle de la variable. Il appartenait à Borel de rapprocher ces deux conceptions, de montrer que les singularités d'une fonction ne tiennent que peu de place dans son domaine d'existence et que toute fonction peut, presque partout, être représentée par un polynôme avec une erreur aussi réduite qu'on le veut. Cette expression de « presque partout » qu'il a introduite signifie que les points d'exception forment un ensemble de mesure nulle. La notion d'ensemble de mesure nulle, due à Borel, s'est montrée extrêmement féconde ; elle a conduit à la définition complète, comme Lebesgue l'a fait de son côté, de la mesure des ensembles.

Après cette puissante création concernant les fonctions de variables réelles, Borel s'est tourné vers les fonctions de variables complexes. Cauchy en avait fondé la théorie reposant sur l'existence de la dérivée, c'est-à-dire sur la monogénéité. Weierstrass avait ultérieurement introduit la notion d'élément analytique, de développement local en série entière, permettant de définir une cellule isolée conduisant par sa prolifération à l'être mathématique tout entier, à la fonction. Cette dernière notion qui semblait plus générale, plus aisément maniable, s'était répandue partout. Borel montre alors que ce développement de cellules vient parfois se heurter à d'infranchissables barrières que la conception de Cauchy permet cependant de traverser. Ce résultat établissait la supériorité de la monogénéité sur l'analyticité et rendait la primauté à la création de Cauchy.

Borel a aussi trouvé dans l'œuvre de Cauchy un aliment pour son étude des séries divergentes qui l'a conduit à un mode de sommation exponentielle efficace et puissant.

A ces découvertes fondamentales est venue s'ajouter la démonstration élémentaire du célèbre théorème de Picard sur les valeurs exceptionnelles d'une fonction de variable complexe dans le voisinage d'un point singulier essentiel. La démonstration initiale de Picard faisait appel à un élément transcendant, la fonction modulaire. Il paraissait possible de suivre une voie élémentaire que les géomètres cherchèrent vainement pendant seize ans lorsque Borel la découvrit en 1896. Mais cette démonstration avait une grande portée car elle reposait sur une

méthode dont la fécondité devait largement enrichir la Théorie des fonctions. Non seulement elle permit de généraliser le théorème initial de Picard, mais elle se place à l'origine d'une foule de problèmes relatifs à la croissance des fonctions analytiques. « La théorie des fonctions, a écrit Paul Painlevé, a fait plus de progrès dans les dix années qui ont suivi une démonstration célèbre de Borel que dans les vingt précédentes où cependant avaient paru les remarquables travaux de Laguerre, Poincaré, Hadamard. »

Toutes ces découvertes présentent ce caractère commun d'ouvrir des voies nouvelles où vont s'engager de nombreux travailleurs. Il y a des démonstrations mathématiques qui mettent le point final à une théorie et ne comportent guère de prolongement. Il en est d'autres au contraire qui ouvrent des portes au lieu de les fermer. Celles de Borel appartiennent à ce type.

J'aì eu un jour l'éclatante révélation de cette puissance de vision instantanée et pénétrante que possédait Emile Borel. C'était l'époque où Pierre Boutroux, étudiant les transcendantes uniformes que Painlevé avait introduites, leur avait trouvé, dans le voisinage du point à l'infini, des propriétés voisines de la double périodicité. L'une de ces transcendantes vérifie une équation différentielle exprimant que sa dérivée seconde est égale à six fois le carré de la fonction augmenté de la valeur de la variable. Or, la fonction doublement périodique de Weierstrass vérifie une équation toute semblable dans laquelle la variable est remplacée par une constante. « Le résultat de Boutroux est bien naturel, me dit Borel, car, lorsque la variable est très grande, elle est constante. »

Ses travaux permettent aussi de déceler la structure de son esprit qui l'entraîne sans cesse vers le réel et le concret. C'est cette tendance profonde qui l'a conduit à la Théorie des probabilités et à ses applications à la théorie des jeux, à la statistique, à la Physique mathématique. Dans ce domaine, comme dans celui de l'Analyse, il a exercé une influence considérable. Depuis Bernoulli, on partait d'un groupe d'épreuves en nombre fini et on lui attachait différentes valeurs. On cherchait ensuite ce que devenaient ces valeurs lorsque le nombre des épreuves augmente indéfiniment. Borel prend au contraire comme point de départ une suite infinie d'épreuves et calcule la probabilité d'un événement relatif à cet ensemble d'épreuves devant se produire un nombre fini ou une infinité de fois. Le domaine du Calcul des probabilités est ainsi élargi et de nombreuses applications à l'arithmétique en découlent. Dans la Théorie des jeux, il fait une étude très poussée de ceux où l'habileté des joueurs intervient à côté du hasard et applique ses résultats à l'art militaire, à la vie économique ou sociale, à la psychologie.

Dans les recherches relatives à la Statistique, son talent d'organisateur s'est associé à ses dons mathématiques. On lui

doit le développement du rôle du Calcul des probabilités au sein de l'Institut international de Statistique. En juillet dernier, il a tenu, malgré son âge et l'état de sa santé, à se rendre à la Session de travail que cet Institut avait organisée au Brésil et à y présenter une communication. Ancien président de la Société statistique de Paris, il fut un des fondateurs en 1922 de l'Institut de statistique de l'Université de Paris dont il présidait le Comité directeur. Toujours soucieux de l'utilisation pratique comme de la portée philosophique des probabilités, il a exposé ses idées dans de nombreux écrits, en particulier à la fin de son grand Traité.

Ses leçons orales, solidement construites, lumineuses et pleines de vie, enchantaient ses auditeurs. Elles ont donné naissance à beaucoup de ses publications s'étendant de l'enseignement élémentaire aux derniers progrès de la science. Il a créé une collection justement célèbre, celle des « Monographies sur la Théorie des fonctions » où l'on retrouve, avec les leçons du maître, les travaux de nombreux disciples et d'autres géomètres. Il a créé également une autre collection qui constitue un « Traité du Calcul des probabilités et de ses applications », somme de nos connaissances dans cette discipline. Il a écrit lui-même nombre d'ouvrages séparés où le côté philosophique du sujet n'est jamais omis, parmi lesquels : Les paradoxes de l'infini ; Le Hasard ; L'Espace et le Temps ; Les probabilités et la vie ; L'évolution de la Mécanique ; Le jeu, la chance et les théories scientifiques modernes.

Le 14 janvier 1940, malgré les difficultés où se débattaient les peuples, le monde scientifique a tenu à célébrer à la Sorbonne son Jubilé scientifique qui honorait un demi-siècle de dévouement absolu à la science et à l'enseignement.

A une œuvre mathématique puissante viennent s'ajouter d'autres créations que les qualités de réalisateur d'Emile Borel et son amour de la science et de son pays lui ont permis de mener à bien.

Il a réussi, avec Jean Perrin et l'aide de grands universitaires, à faire doter la France d'un Centre National de la Recherche Scientifique, organisation importante et précieuse pour le développement scientifique dans notre pays.

Pendant la guerre de 1914, Paul Appell avait été à la tête du Secours National qui a rendu d'immenses services à tous ceux dont les hostilités avaient épuisé les ressources ou ébranlé la santé. La guerre terminée, le Secours National possédait encore des fonds qui ont servi à la création de l' « Aide à la recherche scientifique », organisme que Borel a présidé toute sa vie et qui apporte une aide précieuse aux travailleurs français ou étrangers, à côté du Centre National.

On doit aussi à Emile Borel la réalisation de l'Institut Henri Poincaré. Il joue un rôle important pour le progrès de la

Physique mathématique qui paraissait un peu négligée en France à la fin du siècle dernier. Il en a été l'animateur avec M. Louis de Broglie et a ainsi redonné à notre pays la place éminente qu'il avait acquise dans cette science.

Emile Borel a aussi servi son pays dans la Défense Nationale et dans la vie politique. Pendant la guerre de 1914, il commanda d'abord sur le front une section de repérage des canons par le son puis, aux côtés de Painlevé, ministre de la Guerre, il organisa le Service des Inventions intéressant la Défense nationale. Après la guerre, maire de Saint-Affrique, conseiller général et député de l'Aveyron, il apporta au Parlement ses belles qualités d'ordre et de clarté. Il fit voter en faveur de la Science, cette contribution de l'Industrie, qui lui doit son existence, qu'on a apelée le « sou du laboratoire ». Il fut en 1925 ministre de la Marine et abandonna la vie politique en 1936. Pendant la seconde guerre, il fut, en 1941, emprisonné à Fresnes sous l'occupation allemande, glorieux châtiment de son attitude de résistant. Croix de guerre dans le premier conflit, il reçut dans le second la médaille de la Résistance avec rosette.

Au milieu de tant d'honneurs et de gloire, l'homme était demeuré simple et bon, d'une droiture absolue, inébranlable dans ses amitiés et généreux sous une apparence parfois un peu rude.

Il avait épousé Marguerite Appell, fille du célèbre mathématicien, qui honore les Lettres françaises par ses romans signés Camille Marbo et qui a rendu à la Société des Gens de Lettres qu'elle a présidée d'inappréciables services. Les deux familles que cette union avait rapprochées avaient en commun un patrimoine constitué par la richesse de l'imagination, la rigueur de la pensée, la clarté et la pureté de son expression.

Le génie créateur d'Emile Borel exercera longtemps son influence dans la science comme la lumière des astres éteints qui continue à se propager dans l'espace. Cette forme d'immortalité lui est dévolue.

Paul MONTEL.

Le Professeur René FABRE

Doyen de la Faculté de Pharmacie de Paris,
Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine,
Président de l'Association française
pour l'avancement des sciences pour l'année 1956.

Le Doyen René Fabre est né à Annecy, le 29 juin 1889.

Après avoir terminé ses études secondaires, il entreprit simultanément ses études pharmaceutiques et sa licence ès sciences à Paris. Licencié ès sciences en 1911, il fut reçu premier au concours de l'Internat des Hôpitaux en 1909. Parmi les récompenses qui lui furent attribuées au cours de ses études, il convient de retenir particulièrement la Médaille d'Or des Hôpitaux.

Après la guerre de 1914-1918, il fut nommé Pharmacien des Hôpitaux de Paris et Assistant de Toxicologie à la Faculté de Pharmacie de Paris.

Ses recherches de chimie organique furent consacrées par le Doctorat ès sciences qu'il soutint en 1922. Il effectua alors de nombreux travaux de physique sur la fluorescence, l'absorption ultra-violette, le pH, le potentiel d'oxydo-réduction et il mit l'expérience qu'il avait acquise en chimie et en physique au service de la chimie biologique et de la toxicologie.

Nommé agrégé à la Faculté de Pharmacie de Paris en 1926, il devient titulaire de la chaire de Toxicologie de cette même Faculté en 1931, et Professeur de Toxicologie et d'Hygiène industrielle à l'Institut d'Hygiène industrielle et de Médecine du Travail de la Faculté de Médecine de Paris en 1933.

Il a su comprendre que le champ d'étude de la science des poisons débordait très largement le cadre de l'expertise médico-légale ou de la toxicologie des substances utilisées en thérapeutique. Il a, en particulier, dirigé ses recherches et celles de ses collaborateurs vers l'étude des poisons industriels responsables d'intoxications professionnelles et aussi des toxiques, chaque jour plus nombreux, utilisés dans la lutte contre les parasites et les ravageurs de nos cultures et pouvant, par suite, être à l'origine d'accidents chez les manipulateurs ou chez les consommateurs des produits traités. Dans ces deux domaines de l'hygiène industrielle et de la toxicologie des produits à usage agricole, ainsi que dans ceux de l'hygiène urbaine, de l'hygiène générale et de l'hygiène alimentaire, il a fait œuvre de pionnier et puisamment contribué à l'établissement de mesures de prévention. La législation française lui doit beaucoup à cet égard. Sur une plus large échelle, il a, par son autorité, su faire préva-

loir ses conceptions au sein des grandes commissions internationales, telles que le Bureau international du travail, la Commission internationale permanente des maladies professionnelles et la Commission de Toxicologie et d'Hygiène industrielle de l'Union Internationale de Chimie pure et appliquée.

Parmi les problèmes posés par les multiples aspects de la toxicologie moderne, figurent en première ligne la caractérisation et le dosage des substances toxiques, non seulement dans des milieux relativement simples comme les atmosphères ou les eaux, mais encore dans les milieux biologiques complexes tels que le sang ou les tissus animaux ou végétaux. La tâche de l'analyste est particulièrement délicate, car, outre que les quantités de substances à caractériser sont en général très minimes, elles se trouvent diluées dans une masse relativement considérable de matières organiques qui en rendent l'extraction et l'isolement très difficiles et, de plus, viennent interférer dans les tests de caractérisation. Les travaux du Doyen Fabre, dans cette direction, ont permis de réaliser des progrès considérables. Il a appliqué à l'analyse toxicologique les techniques les plus modernes : électro-dialyse, fluorométrie, spectrographie, spectrophotométrie, chromatographie sur papier, réactions microchimiques et aussi expérimentation sur l'animal. Il a pu ainsi établir de nouvelles méthodes permettant de déceler des corps jusqu'alors insaisissables et d'apprécier des quantités considérées comme impondérables.

Mais il ne s'est pas cantonné dans le domaine analytique. Comprenant que la toxicologie devait être avant tout biologique et reprenant la conception bernardienne des poisons réactifs de la vie, il en a recherché les modes d'action biochimiques et pharmacologiques. Ne pouvant citer toutes ses recherches, nous nous bornerons à rappeler le grand intérêt de celles qu'il a effectuées entre autres sur le sort des toxiques dans l'organisme sur le rôle fixateur du foie, sur les localisations dans les glandes endocrines, la moelle osseuse et les hématies, sur la perméabilité placentaire, sur l'importance des diverses voies d'absorption et d'élimination, etc..., etc.

Le Doyen Fabre a publié de nombreux ouvrages où l'on retrouve la précision et la hauteur de vues qui caractérisent l'enseignement dispensé dans sa chaire de la Faculté de Pharmacie. Nous citerons en particulier :

— Leçons de Toxicologie, 13 fascicules, 1944.

— Index médico-pharmaceutique (en collaboration avec MM. Deleanu et Coniver), 1937.

— Cours de défense passive, 1939-1940.

— Les solvants industriels, 1942.

— Les toxines végétales (phytotoxines et phytoagglutines), en collaboration avec M. Brocq-Rousseu, 1945.

— Législation et Toxicologie pharmaceutiques, 1945.

— Essais d'hygiène et de toxicologie industrielles, 1947.

— Les méthodes physiques et leur emploi en toxicologie, 1948.

— Toxicologie des produits phytopharmaceutiques (en collaboration avec R. Truhaut), en 1954.

Sans ménager ni son temps ni sa peine, le Doyen Fabre a tenu à diffuser ses conceptions et ses résultats. Les conférences qu'il a données sous toutes les latitudes, depuis l'Amérique du Sud, le Canada jusqu'à la Suède et au Moyen-Orient, ne se comptent plus. Suivies avec enthousiasme, elles ont puissamment contribué au rayonnement de notre culture.

Sa grande compétence et son inlassable activité devaient valoir au Doyen Fabre les distinctions les plus flatteuses. Il a été élu successivement : à l'Académie de Pharmacie, en 1920, à l'Académie de Médecine, en 1941, et à l'Académie des Sciences, en 1955.

Secrétaire général de la Société de Chimie biologique, de 1931 à 1955, il a assuré les mêmes fonctions à l'Académie de Pharmacie depuis 1946. Dans ces deux corps savants, son rôle d'animateur a été exceptionnellement fécond.

Il fait partie de très nombreux Conseils ou Commissions où ses avis pertinents sont toujours sollicités. Il en préside d'ailleurs plusieurs et en particulier la Commission de l'étude de l'emploi des Toxiques en Agriculture et la Commission d'Hygiène industrielle.

Il dirige enfin, depuis 1938, avec une compétence incontestée, le laboratoire de contrôle du Ministère de la Santé publique et de l'Académie de Médecine.

En dehors de nos frontières, il a été nommé Professeur honoris causa ou membre correspondant de plus de 20 sociétés savantes, Universités ou Académies. Il y porte très haut le prestige de l'Ecole toxicologique qu'il a fondée.

Il est commandeur de la Légion d'honneur.

En tant qu'homme, il faut souligner son dynamisme, sa farouche énergie, et sa puissance de travail alliés à une affabilité jamais démentie.

Il faut souligner aussi son désir de servir et d'être utile à ses semblables. Il y a pleinement réussi, car, en grande partie grâce à lui, la toxicologie est devenu au premier chef une science sociale dont l'étude permet de contribuer à la protection de la santé des hommes.

R. TRUHAUT.

LA PRODUCTION ARTIFICIELLE DU DIAMANT

par R. DELBOURGO.

La reproduction artificielle du diamant est aujourd'hui du domaine des réalisations industrielles grâce aux moyens considérables mis en jeu par les laboratoires de recherches de la « General Electric Company », à Schenectady (U.S.A.).

Les deux facteurs qui ont permis cette synthèse sont d'une part la réalisation de très hautes pressions à de hautes températures et le maintien de ces conditions pendant plusieurs heures ; d'autre part, la possibilité d'en faire la preuve grâce aux diagrammes de diffraction aux rayons X. En fait, on peut se demander si ce moyen de contrôle avait existé un siècle plus tôt ou si des échantillons des tentatives antérieures avaient été conservés si le véritable auteur de la réalisation du diamant artificiel n'aurait pas eu pour nom Moissan (1).

Le sujet lui-même est de ceux qui ont pu longtemps fasciner les esprits si bien qu'autour des années 1900, le monde a pu croire que la reproduction artificielle du diamant était réalisée. Plus tard le monde scientifique tombait d'accord qu'aucune preuve irréfutable n'avait encore été donnée de cette synthèse et le problème demeurait au stade de l'expérimentation et aussi à celui de l'anticipation.

Au moment où des preuves formelles sont apportées aujourd'hui (2), il paraît utile de faire le point des tentatives antérieures à cette dernière réalisation.

En 1828, C. Cagniard de la Tour affirmait avoir produit des diamants artificiels. Thénard devait cependant démontrer qu'il s'agissait d'un magma cristallin et dur de divers oxydes. La même année, J.-N. Gannal pensait avoir produit des cristaux de carbone, gros comme un grain de millet. Ni G. Gore, ni Moissan ne purent reproduire ces expériences.

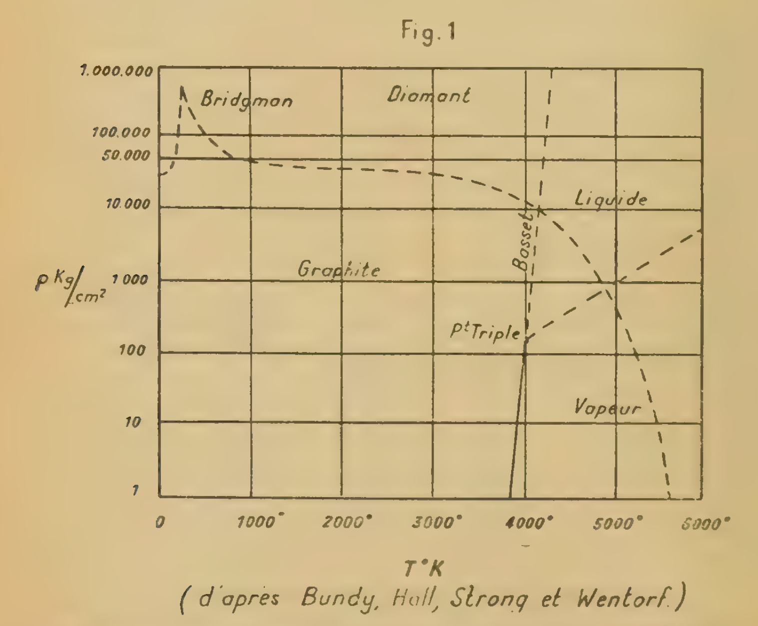
En 1880, J.-B. Hannay rapporte avoir réalisé des diamants artificiels. Il est parti de la réaction permettant à haute température d'obtenir un carbone brillant doué d'une certaine dureté par action des métaux alcalins sur les hydrocarbures (essence de paraffine, huile de Dippel, etc.). Moissan a essayé de reproduire ces expériences mais dût y renoncer après plusieurs essais infructueux. Peu après, Marsden publie une note « Sur la préparation du carbone adamantin » et rapporte qu'il a chauffé de l'argent ou un alliage d'argent et de platine, dans une brasque de charbon de sucre à la température de fusion de l'acier. A cette température élevée l'argent dissout une petite quantité de

carbone qu'il abandonne ensuite par refroidissement. Marsden annonce à la fin de son mémoire qu'il va continuer ses expériences mais ne donne pas suite à ses recherches.

Moissan pense à l'époque que « Marsden a dû obtenir du diamant noir, mais accidentellement et sans remarquer le rôle important que jouait la pression ».

Moissan a entrepris, dès 1890, un ensemble de travaux préliminaires en vue de la production de diamant artificiel. Après ses recherches importantes sur le fluor, il va entreprendre des expériences sur la cristallisation du carbone. Ceci l'amène à une étude « aussi complète que possible des trois variétés de carbone » ainsi qu'à celle des propriétés anciennes ou « nouvelles » du diamant.

Après de nombreuses expériences, dans des conditions variables, Moissan obtient grâce au four électrique (aujourd'hui connu sous son nom) et à des pressions élevées, quelques cristaux noirs, durs, qu'il appelle « diamants noirs de synthèse », qui ont la propriété de rayer le rubis, d'avoir une densité de 3 à 3,5 et de brûler dans l'oxygène en donnant du gaz carbonique. Dans certains cas, certains des cristaux obtenus étaient transparents. Leur dimension était de l'ordre, dans leur plus grande longueur, de quelques dizièmes de millimètre.



(d'apres Bundy, Hall, Strong et Wentorf)

Moissan pensait avoir réalisé la reproduction artificielle du diamant. Aucun échantillon n'ayant été conservé, l'histoire ne

pourra jamais confirmer ni infirmer totalement l'exactitude de ce résultat.

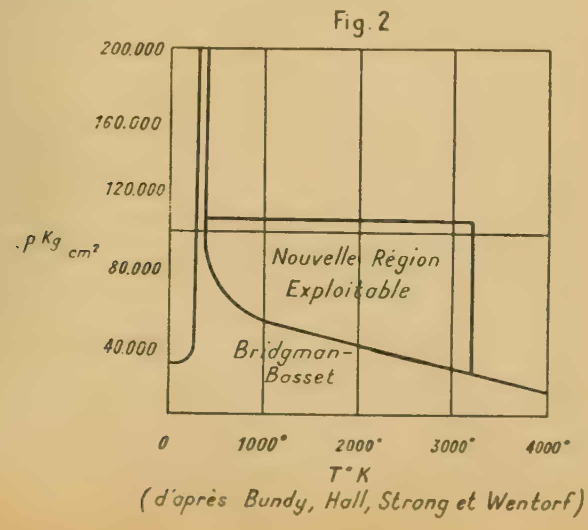
La période héroïque de la reproduction du diamant se termine avec Parsons qui, en 1900 et 1930, a essayé de reproduire les expériences de Hannay et de Moissan.

Sidgwick à Oxford, en 1950, et Eyring à l'Université de l'Utah, en 1952, tournent cette page en concluant qu'aucun essai de production de diamant artificiel n'a été véritablement couronné de succès, des considérations thermodynamiques rendant fort improbable que cette reproduction ait jamais pu être réalisée dans les conditions décrites.

La figure 1 montre le diagramme de stabilité des différentes phases tel qu'il est connu aujourd'hui. La région étudiée par le Professeur Bridgman, de l'Université de Harvard, est tracée en pointillés. Il a travaillé à des pressions supérieures à 400.000 atmosphères à la température ambiante. A 3.000° K, pendant de courts instants, il a maintenu des pressions de 30.000 kg/cm². Le diagramme montre que Bridgman s'est trouvé bien avant dans la région de stabilité du diamant sans aucun succès. Son échec, de son propre aveu, est dû au fait d'avoir opéré à de trop basses températures ou bien à haute température à des pressions moindres.

Le problème essentiel semblait donc le maintien de pressions élevées à des températures élevées. C'est ce à quoi se sont attachés les chercheurs des Laboratoires de la « General Electric ». Ils sont parvenus à maintenir des pressions de 100.000 kg/cm² à des températures de 2.300° K pendant des heures durant. La figure 2 montre la région du diagramme explorée par eux.

Fig. 2



(d'après Bundy, Hall, Strong et Wentorf)

Les pressions, jusqu'à 80.000 kg ont été étalonnées suivant les indications de Bridgman ; au-delà, les Laboratoires de la « General Electric » se sont servis du point de fusion du germanium qui décroît linéairement jusqu'à 100.000 kg/cm².

Les températures ont été déterminées par des couples thermoélectriques ainsi que par des mesures de point de fusion ou de variation de résistances électriques, ou par les points de Curie des différents composés magnétiques.

Les diamants ainsi obtenus ont des dimensions allant de 100 microns à 1 mm le long d'une arête. La dimension des récipients employés permet l'obtention de diamants allant jusqu'à 1/4 de carat. Il n'est pas nécessaire d'introduire des germes cristallins et les formes des cristaux obtenus sont celles rencontrées dans la nature (octaèdres, tétraèdres, dodécaèdres).

Les preuves suivantes ont été apportées à l'appui de cette réalisation :

1) Le diagramme aux rayons X de ces cristaux est identique à celui obtenu avec du diamant naturel ;

2) Les échantillons obtenus sont assez durs pour rayer les faces 111, de diamants naturels ;

3) Reproductibilité : les expériences ont été reproduites à plusieurs reprises par des chercheurs indépendants. Les cristaux obtenus répondent toujours aux deux tests précédents.

Les mesures d'indice de réfraction des cristaux obtenus donnent des valeurs comprises entre 2,40 et 2,50, l'indice de réfraction du diamant est de 2,419. D'autres minéraux, tels que la Franklinite, la Perovskite, la Sphalérite et l'Eglestonite présentent des indices voisins de 2,4 mais sont éliminés par les autres tests.

Les chercheurs de la « General Electric » concluent que leurs efforts de nombreuses années pour être couronnés de succès ont dû porter sur l'obtention de hautes pressions à de hautes températures pour des durées de plusieurs heures. Ce sont ces conditions qui ont permis cette réalisation du diamant artificiel plusieurs fois reproduite au sein de leur laboratoire et confirmée par l'étude des propriétés des cristaux obtenus et en particulier par leur diagramme de diffraction aux rayons X.

En conclusion, nous pouvons dire que la reproduction artificielle du diamant, ce rêve des alchimistes, est aujourd'hui du domaine de la réalité industrielle. Le diagramme est à présent bien connu et la zone de stabilité du diamant bien déterminée. Tout permet de penser que les techniques doivent évoluer et permettre la fabrication artificielle de diamants de plus grandes

dimensions que ceux qui viennent d'être obtenus. Les diamants artificiels viendront ainsi diminuer la pénurie actuelle en particulier en ce qui concerne les diamants industriels dont la consommation dans le monde ne cesse de croître.

BIBLIOGRAPHIE.

1. H. Moissan. — *Le Four Electrique*, Steinheil, 2 rue Casimir-Delavigne, Paris (1897).

2. F. P. Bundy, H. T. Hall, H. M. Strong and R. H. Wentorf. — *Man-made Diamonds*, *Nature*,, 176, 4471, p. 51 (1955), et références.

Echos & Nouvelles

● **L'expansion de l'industrie du Lithium.** — J. C. Arondale, du Bureau des Mines de Washington (1), donne des renseignements intéressants sur l'expansion de l'industrie du lithium. Cette expansion provient des nouvelles utilisations des composés de ce métal alcalin. Diverses applications doivent se développer. C'est ainsi qu'une faible proportion seulement des graisses fabriquées renferment du lithium et on doit penser que la lubrification utilisera de plus en plus ce métal. En outre, les composés du lithium ont de plus en plus d'applications dans les industries du verre et de la faïence (appareils sanitaires, émail vitrifié, porcelaine électrique, batteries) et dans les applications pharmaceutiques. En métallurgie on l'emploie comme décapant (soudures et brasures). Le stéarate de lithium incorporé aux cires végétales ou minérales (pétroles) améliore certaines de leurs propriétés, permettant leur utilisation et même la substitution de cires très chères (carnauba, montana, candellila) par des cires paraffiniques bon marché. Parmi les nombreuses utilisations possibles on peut citer : boues de forage des puits, industries du blanchiment, pigments lumineux, matières à mouler en prothèse dentaire, alliages légers, agents de propulsion, engrais, instruments d'optique, etc.

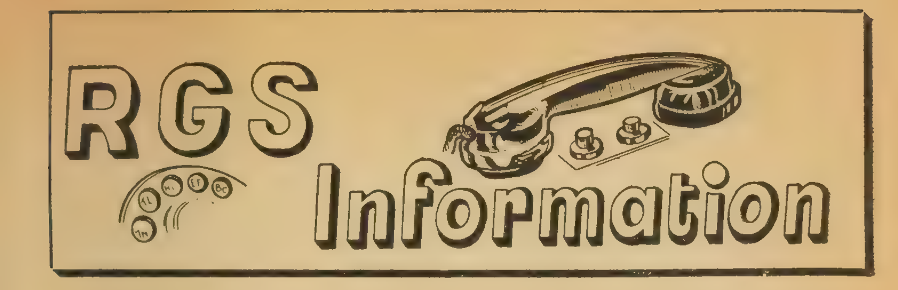
Cependant les dérivés du lithium sont des produits qui reviennent cher et le principal objectif de la recherche dans ce domaine est l'abaissement des prix. Il est nécessaire de mettre au point de nouvelles méthodes et de nouveaux procédés de production du lithium à partir de certains minerais et de saumures. On doit rendre plus efficace la récupération du lithium à partir de ses différentes sources. Enfin il faut trouver des débouchés à certains produits annexes et sous-produits de fabrication.

● **La population du Globe.** — La population du globe s'élevait à 2 milliards 652 millions en 1954, annonce l'annuaire démographique de l'O.N.U. pour l'année 1955.

De ce chiffre 1 milliard 451 millions, soit 55 %, vivent en Asie (à l'exception de l'U.R.S.S.), 404 millions en Europe, 357 millions dans les Amériques, 214 millions en U.R.S.S., 210 millions en Afrique et 14 millions 400.000 en Océanie.

---

(1) Bulletin 556, Mineral facts and problems.



NOMINATIONS

M. CAPDECOMME (Laurent), Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse, est nommé Recteur de l'Académie d'Alger en remplacement de M. GUILLON, appelé à d'autres fonctions et nommé Recteur honoraire.

M. SIMON est nommé à nouveau, pour trois ans, Doyen de la Faculté des Sciences de Dijon.

M. DUQUENOIS est nommé Doyen de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg.

M. WYART, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, est nommé Assesseur du Doyen.

MM. CASAL et LUCAS, Maîtres de Conférences à la Faculté des Sciences d'Alger, sont nommés Professeurs titulaires des chaires de Mécanique rationnelle et de Géologie et Minéralogie.

M. HOREAU est nommé Professeur de Chimie organique des Hormones au Collège de France, en remplacement de M. DUFRAISSE, retraité.

M. SERRE (Jean-Pierre) est nommé Professeur d'Algèbre et de Géométrie au Collège de France, en remplacement de M. OEMICHEN, décédé.

M. BENOIT (Henri), et M. KOSZUL, Maîtres de Conférences à la Faculté des Sciences de Strasbourg, sont nommés Professeurs titulaires de la chaire de Physique générale et de la chaire de Topologie.

Les pays les plus peuplés du monde sont la Chine avec 583 millions, l'Inde avec 377 millions, l'U.R.S.S. avec 214 millions, les Etats-Unis avec 162 millions, le Japon avec 88 millions, l'Indonésie avec 81 millions, le Pakistan avec 80 millions.

Entre 1950 et 1954 la population de l'Asie s'est accrue de 21 millions par an, l'Amérique latine de 4 millions, l'Amérique du Nord, l'Afrique, l'Europe et l'U.R.S.S. de 3 millions pour chaque région, l'Océanie de 325.000.

(*Suite p.* 192.)

Sont nommés professeurs sans chaire à la Faculté des Sciences de Paris : MM. DEVILLERS, EHRESMANN, FRANÇON, GLANGEAUD, GODEMENT, PISOT, ROCH (E.), SCHATZMANN, TERMIER et ZAMANSKY.

Sont nommés Professeurs sans chaire à la Faculté de Pharmacie de Paris : MM. MOREAU, GUY et GERMAN.

Sont nommés Professeurs sans chaire à compter du 1er janvier 1956 : Mme FOURES (Aix-Marseille), MM. FOURES, TIMON-DAVID et VOLKRINGER (Aix-Marseille), MM. CASAL et DIEUZEIDE (Alger), MM. THEOBALD (Besançon), BACHELET (Caen), CHAMPAGNAT (Clermont-Ferrand), BOUCHARD et DOUCET (Dijon), MM. PEREZ, CUEILLERON (Lyon), AVIAS, COMOLET, FRUHLING, HUSSON, WERNER (Lyon), MM. ZOUCKERMANN (Poitiers), DUNOYER et LE MOAL (Rennes), MM. SAUCIER (Strasbourg), CASTAING, MATHIS et ORLIAC (Toulouse).

M. SARRAZIN est nommé Maître de Conférences de Physique nucléaire à la Faculté des Sciences d'Alger.

M. GARRIGUES, Maître de Conférences à titre provisoire, est nommé Maître de Conférences de Botanique agricole à la Faculté des Sciences d'Alger.

CONGRÈS ET RÉUNIONS SCIENTIFIQUES

Le XXIXe Congrès international de Chimie Industrielle se tiendra à Paris du 18 au 24 novembre 1956, en même temps que le Congrès européen de la Corrosion.

Le IVe Salon de la Chimie, Caoutchouc, Matières Plastiques s'ouvrira le 22 novembre au Parc des Expositions de la Porte de Versailles.

Secrétariat général des Congrès et Commissariat général du Salon : 28, rue Saint-Dominique, Paris (7e).

Centenaire de la mort de Charles GERHARDT

(1816 - 1856)

par J. JACQUES.

On a pu dire que, parmi les gloires scientifiques dont notre pays peut légitimement s'enorgueillir, « depuis Lavoisier jusqu'à Pasteur nul ne peut être comparé à Charles Gerhardt, aussi bien pour la valeur intrinsèque de son œuvre réformatrice, que pour l'influence décisive qu'elle a exercée sur le développement de la chimie générale et en particulier de la chimie organique ». Il n'est donc pas de ceux (à l'inverse de son ami Auguste Laurent) que les historiens des sciences, à propos de tel anniversaire, sont obligés de tirer d'un injuste oubli. Par les soins de son fils et d'Edouard Grimaux, un livre de 600 pages éclaire jusque dans leurs détails la vie et l'œuvre de ce grand chimiste. Plus encore, M. Tiffeneau, qui fut un admirateur fervent et admirablement informé de Gerhardt, a publié deux volumes de sa Correspondance qui constituent, pour les curieux d'histoire de la chimie, un des documents les plus vivants que je connaisse. C'est dire que pour célébrer le centenaire de la mort de cet homme d'exception, il sera vain d'espérer un éloge original.

Charles Gerhardt est né à Strasbourg le 21 août 1816. Poussé, dès son adolescence, par un goût irrésistible pour la science (ce qui n'alla pas sans conflit avec son père qui le destinait à l'industrie) il se familiarisa avec la chimie dans le laboratoire d'Erdmann, à Leipzig, puis dans celui de Liebig, à Giessen.

Venu à Paris en 1838, il y fait la connaissance de J.-B. Dumas dont il subit tout d'abord la puissante influence. Nommé à 22 ans chargé du cours de Chimie à la Faculté des Sciences de Montpellier, il restera sept ans dans cette ville de province où le dénuement des laboratoires fait du travail de recherche un tour de force quotidien.

Il s'était lié au début de l'année 1844 avec Auguste Laurent, son collègue de Bordeaux : leur amitié ne fut pas la moindre de leurs forces au cours des combats pour cette véritable révolution qu'ils imposèrent à la chimie de leur temps.

Définitivement dégoûté des conditions de travail qui lui sont faites à Montpellier, il rejoint Laurent à Paris, quand, en 1848, celui-ci est nommé essayeur à la Monnaie. Mais il ne parvient pas à trouver, dans la capitale, le poste stable dont il rêve. Après avoir fondé et dirigé pendant quelques années une école de chimie, rue Monsieur-le-Prince, il est enfin nommé en 1854, professeur de

chimie à la fois à l'Ecole de Pharmacie et à la Faculté des Sciences de Strasbourg. Mais il ne devait pas jouir longtemps des possibilités nouvelles qui lui étaient enfin offertes dans sa ville natale : le 19 août 1856 il tombait foudroyé par une crise de péritonite aiguë. A quelques jours près, il avait quarante ans.

***

Au moment où Gerhardt atteint sa maturité scientifique le plus grand désordre règne dans la chimie en vigueur. Deux incertitudes majeures n'ont pas encore été levées : la première concerne les poids relatifs que l'on doit attribuer aux atomes des différents éléments, la seconde intéresse la validité de ces groupements d'atomes dans les corps composés, de ces *radicaux*, dont la théorie électrochimique de Berzélius affirme l'existence. A ces deux questions fondamentales Gerhardt va répondre par sa réforme des équivalents (ou plutôt des poids atomiques) d'une part, et par sa chimie *unitaire* et sa théorie des *types* d'autre part.

On sait que les gaz et les vapeurs, quelle que soit leur nature, se dilatent ou se contractent d'une même quantité dans les mêmes conditions de température ou de pression. Avogadro avait supposé que les gaz et les vapeurs sont constitués par des particules placées à égales distances, s'écartant ou se rapprochant d'une même quantité sous les mêmes variations de température et de pression et que, par suite, il y a un nombre égal de ces particules dans un même volume. C'est dire que les poids relatifs des gaz et des vapeurs (leurs densités) représentent les poids relatifs des molécules. Les poids moléculaires sont alors proportionnels aux densités gazeuses.

Sous cette forme, l'hypothèse d'Avogadro, reprise en 1814 par Ampère, présentait une difficulté importante : atomes et molécules n'y étaient pas distingués avec une clarté suffisante. Or, nous savons que les molécules des éléments chimiques ne sont pas, à l'état de vapeur, toutes constituées par deux atomes. S'il y a bien deux atomes dans la molécule d'oxygène, de chlore, d'hydrogène, de soufre (à 800°), etc..., il y en a quatre dans celles de phosphore et d'arsenic, un seul dans la molécule de mercure et de cadmium. Lorsque J.-B. Dumas, vers 1839, voulut utiliser la méthode des densités de vapeurs pour déterminer les poids atomiques des éléments, il butta contre ces anomalies. On admit bientôt, à la suite de cet échec, que les considérations de volume ne pouvaient être d'aucun recours et qu'il fallait, pour déterminer les poids atomiques, en revenir aux seules données positives fournies par les relations pondérales. La notion d'équivalent, qui se prétendait dégagée de toute hypothèse sur la constitution de la matière, allait ainsi se substituer à celle d'atome.

Gerhardt, par un biais, réhabilite ces données volumétriques si mal comprises, en faisant porter sa réflexion non plus sur les atomes élémentaires, mais sur les molécules organiques. En proposant pour commune mesure des grandeurs moléculaires un *même volume de vapeur,* il montre que les formules attribuées à la plupart des substances organiques sont de moitié trop grandes par rapport aux formules minérales. Et par simple déduction chimique (sans toutefois distinguer aussi nettement que son ami Laurent entre atome et molécule), il propose des poids atomiques qui sont restés les nôtres. Cette réforme des équivalents, achevée en 1843, apparaît incontestablement comme un des faits dominants de la chimie du siècle dernier ; Gerhardt qui n'avait pas encore trente ans, n'allait pas en rester là.

Au début du siècle dernier, Berzélius avait soumis à l'action de la pile un grand nombre de composés chimiques, et proposé une explication générale des phénomènes électrolytiques. Pour lui chaque atome a deux pôles chargés d'électricité de signes contraires et suivant la prédominance de leurs charges positive ou négative, il existe des atomes électropositifs et des atomes électronégatifs qui, dans une combinaison, s'attirent par leurs charges opposées. Quand on électrolyse du sulfate de potassium, par exemple, l'acide sulfurique, élément électronégatif, se rend au pôle positif et la potasse au pôle négatif.

En chimie organique où les apparences elles-mêmes sont plus déroutantes, étant donné le grand nombre d'atomes mis en jeu, le dualisme électrochimique trouvait son expression dans la théorie des radicaux. « Si en chimie minérale les radicaux sont simples, en chimie organique ils sont composés », disaient Dumas et Liebig (1837). Mais sur la nature même de ces radicaux que les réactions de formation ou de décomposition étaient censés mettre en évidence, l'accord était loin de régner : ces êtres fictifs se multipliaient au gré de la fantaisie de chaque expérimentateur.

Parti d'une observation empirique de J.-B. Dumas, Laurent devait trouver dans les phénomènes de substitution l'argument qui ruinait définitivement les dogmes dualistes.

En traitant certains carbures d'hydrogène par le chlore, Dumas, vers 1833, avait noté que l'halogène « possède le pouvoir singulier de s'emparer de l'hydrogène et de le remplacer atome par atome », (ce qui ne fait qu'établir un simple bilan de profits et pertes : un hydrogène est perdu, un chlore gagné). Laurent, développant ces expériences, alla plus loin et osa affirmer que le chlore (bien qu'électronégatif) *remplace* au sens propre, c'est-à-dire occupe la place et joue le même rôle que l'hydrogène (électropositif) auquel il se substitue.

Devant la théorie des radicaux et la découverte de la substitution Gerhardt prend nettement parti :

« Aujourd'hui, dit-il, quand un chimiste observe une réaction ou analyse un corps nouveau, son premier soin est d'imaginer une petite théorie qui explique les phénomènes d'après les principes électrochimiques, et il est de mode alors de créer quelque radical hypothétique, afin de pouvoir appliquer ces principes au nouveau corps. Jamais la science n'a été le jouet de l'imagination autant qu'elle l'est aujourd'hui par l'introduction de ces êtres fictifs... »

En face du « chaos inextricable » qu'il dénonce, il n'y a pour Gerhardt qu'une seule solution : en revenir à « la seule chose positive », aux rapports de composition que fournit l'analyse élémentaire pour « atteindre des lois générales indépendantes de toute théorie sur la prédisposition des molécules », entendez par là : groupements d'atomes à la façon des radicaux. La chimie qu'il propose se veut *unitaire*, au double sens du mot : il restitue d'une part à la substance, en ne considérant que sa formule brute, l'*unité* que le dualisme lui avait arbitrairement otée. Mais par ailleurs il rapporte, ainsi que nous l'avons vu, toutes les molécules organiques à l'état gazeux à la même *unité* de volume, celle qu'occupe un poids donné d'hydrogène. Cette démarche qui est celle d'un classificateur génial, dans l'esprit même du positivisme contemporain, met dès l'abord en évidence l'existence des *séries homologues* déjà pressenties par Dumas.

Ce même effort de classification le conduit à sa théorie des *types*. Dans l'esprit de Laurent et de Dumas, le type était, en quelque sorte, le support matériel des transformations chimiques qui persiste malgré les substitutions. Gerhardt adopte cette notion, mais il opère ce qu'on pourrait appeler un passage à la limite qui porte la marque de son style. « Dans l'état actuel de la science, écrit-il en 1853, on peut ramener tous les composés organiques à quatre types : l'hydrogène, l'acide chlorhydrique, l'eau et l'ammoniaque. »

A partir de ces types devenus dans l'esprit de Gerhardt des entités schématiques, il est possible de déduire par substitution les alcools, les acides, les amines, etc..., en donnant cette fois au mot *radical* le sens qu'il a conservé.

Historiquement cette théorie des types a joué un rôle capital : elle préparait le terrain à la théorie de la valence et à celle de la structure ; elle apportait de l'ordre et de la clarté là où règnait la confusion. Mais elle comportait par ailleurs une grave faiblesse : ses limites sont, en fait, celles de l'attitude philosophique de Gerhardt lui-même. Celui-ci pensait, en effet, que la chimie ne peut prétendre connaître la véritable constitution des molécules ; il ne voyait dans les formules qu'une « manière de concrétiser certains rapports de composition et de décomposition ». Il l'a dit et répété. Or la science ne s'accommode pas d'interdits de ce genre et sur ce point l'évolution de la

chimie s'est chargé de le démentir. Il n'en reste pas moins qu'on est, aujourd'hui encore, confondu devant la puissance de cet esprit qui sut, dans une synthèse sans pareille, dominer et *comprendre* toute la chimie de son temps. Son œuvre expérimentale (une centaine de mémoires), comme son œuvre théorique et didactique (Gerhardt a écrit plusieurs traités dont le plus important est son Traité de Chimie Organique, en 4 volumes) sont marqués par un souci des idées générales dont la chimie de notre époque — faut-il le dire — semble avoir perdu le goût. Ce n'est pas, je crois, sacrifier banalement aux usages que de rappeler le souvenir d'un homme qui reste, à tant de titres, exemplaire.

J. JACQUES.

Les livres reçus

ABELOSS (Marcel). — Les Métamorphoses (Coll. Armand Colin, Paris)

BLIN (Jean). — Diffusion centrale des rayons X par les métaux (Publ. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air). 1.100 fr.

BOIREL (René). — Science et Technique (Dunod, Paris).

BOULIGAND (G.). — L'accès aux principes de la Géométrie euclidienne. Introduction à l'axiomatique du plan (Vuibert, Paris).

CAHN (Théophile). — La régulation des processus métaboliques dans l'organisme (Presses Universitaires, Paris). 3.000 fr.

CAILLEUX (A.) et CHAVAN (A.). — Détermination pratique des Minéraux (SEDES, Paris). 540 fr.

CAMPBELL (Robert). — La Trigonométrie (Coll. « Que sais-je ? », Presses Universitaires, Paris).

CHAPLET (A.). — Les prodigieuses réalisations de la Chimie moderne (Hachette, Paris). 700 fr.

CHAUCHARD (Paul). — Sociétés animales, Société humaine (Coll. « Que sais-je ? », Presses Universitaires, Paris).

COOPER (G. Arthur). — New Cretaceous Brachioposa from Arizona (Smithsonian Institution, Washington).

FAIRCHILD (G. B.). — Synonymical Notes on Neotropical Flies of the Family Tabanidae (Smithsonian Institution, Washington).

GARNIER (René). — Cour de Cinématique, tome II : Roulement et vibration. La formule de Savary et son extension à l'espace (Gauthier-Villars, Paris)). 5.000 fr.

GUILLERME (Jacques). — L'Ultra-Violet (Coll. « Que sais-je ? », Presses Universitaires, Paris).

HALDANE (J. B. S.). — Biochimie et génétique (Presses Universitaires, Paris). 900 fr.

HANNERZ (Lennart). — Larval development of the Polychaete Families Spionidae, Disimidae and Poecilochaetidae in the Gullmar Fjord (Sweden) (Almquist & Wicksells, Uppsala).

HEILBRONN (Georges). — Intégration des équations différentielles ordinaires par la méthode de Drach (Mém. des Sciences Mathématiques, Gauthier-Villars, Paris). 1.300 fr.

JAUCH (J. M.) et ROHRLICH (F.). — The Theory of the Photons and Electrons (Addison-Wesley Publishing C°, Cambridge, Mass). 10 $.

KAUFMANN (Cdt A.). — Mise en équation et résolution des réseaux électriques en régime transitoire par la méthode tensorielle (Publ. Sc. et Tech. du Ministère de l'Air). 1.100 fr.

KER WILSON (W.). — Pratical solution of Torsional Vibration Problems. Vol. I : Frequency Calculations (Chapmann & Hall, Londres). 105 s.

LAVILLE (C.). — Introduction à l'Anthropotechnie (Dunod, Paris). 880 fr.

LEGENDRE (Dr René). — Le Secret médical et le Monde contemporain (Doin et Cie, Paris). 1.500 fr.

LE GRAND (Yves). — Optique physiologique. Tome III : L'espace visuel (Ed. de la Revue d'Optique, Paris). 2.000 fr.

LICHNEROWICZ (André). — Théorie globale des connexions et des groupes d'Holonomie (Ed. Cremonese, Rome, et Dunod, Paris). 2.300 fr.

MATHIEU (J. P.) et PETIT (A.). — Constantes sélectionnées. Pouvoir rotatoire naturel. I. Stéroïdes (Masson, Paris). 12.000 fr.

METAIS (Pierre). — Mariage et équilibre social dans les Sociétés primitives (Inst. d'Ethnologie, Paris).

MERLE (Marie). — Etude expérimentale des écoulements gazeux (Publ. Sc. et Tech. du Ministère de l'Air).

Frère MARIE-VICTORIN et Frère LEON. — Itinéraires botaniques dans l'Ile de Cuba (Inst. de Botanique de l'Université de Montréal).

NEWTON-FRIEND (J.). — Man and the Chemical Elements (Ch. Griffin and C°, Londres).

PATTE (Etienne). — Les Néanderthaliens. Anatomie, Physiologie, Comparaisons (Masson, Paris). 5.000 fr.

PREUSS (H.). — Integraltafeln zur Quantenchemie (1er vol.) (Springer Verlag, Berlin). 39 marks.

SHIGLEY (J. E.). — Machine Design (Mc Graw Hill Publishing C°, Londres).

THEOBALD (N.) et GAMA (A.). — Géologie générale et Pétrographie (Doin et Cie, Paris).

THEODORIDES (Jean). — Contribution à l'étude des parasites et des phorétiques des Coléoptères terrestres (Act. Scient. et Ind., Hermann et Cie, Paris).

TJERNVIK (Torston E.). — On the early Ordovician Of Sweden (Bull. of the Geological Institution of Uppsala).

VAN LAETHEM (Marcel). — Une méthode nouvelle et générale de calcul des intégrales généralisées (Ed. Nauwelaerts, Louvain, Béatrice Nauwelaerts, Paris). 2.100 fr.

VOGEL (Théodire). — Physique Mathématique Classique (Coll. Armand Colin, Paris).

WALZ (Alfred). — Nouvelle méthode approchée de calcul des couches limites laminaire et turbulente en écoulement compressible (Publ. Sc. et Tech. du Ministère de l'Air).

WETMORE (Alexander). — A check-list of the Fossil and prehistoric Birds of the North America ant the West Indies (Smithsonian Institution, Washington).

YIFTAH (Shimon). — Constantes fondamentales des théories physiques (Gauthier-Villars, Paris). 2.300 fr.

Actes du 2e Congrès international de l'Union Internationale d'Histoire des Sciences : I. Exposés généraux ; II. Physique, Mathématiques ; III. Théorie de la Connaissance, Linguistique ; IV. Sociologie, Psychologie ; V. Philosophie des Sciences, Histoire de la Philosophie (Ed. du Griffon, Neufchâtel, et Dunod, Paris). 3.000 fr. les 5 volumes.

Colloque sur la Théorie des Nombres, Bruxelles, décembre 1955 (Thone, Liége, et Masson, Paris). 2.400 fr.

Recherches soviétiques Biologie, Cahier 2, 1956 (Ed de la Nouvelle Critique, Paris). 500 fr.

STRUCTURE ACOUSTIQUE ET GÉNÈSE PHYSIOLOGIQUE DES SONS DU LANGAGE (1)

par Raoul HUSSON.

Ancien Elève de l'Ecole Normale Supérieure
Docteur ès Sciences, Chargé de Recherches au C.N.R.S.
Lauréat de l'Institut et de l'Académie de Médecine
Chargé d'un Cours libre sur la Phonation à la Sorbonne

INTRODUCTION

§ 1 - Jusqu'en 1950, c'est-à-dire pendant le long cours des années et des siècles, les physiologistes se sont désintéressés des problèmes posés par la phonation. L'étude de la phonation, pensaient-ils, relevait surtout de l'acoustique. Et, comme les cordes vocales en vibration étaient toujours implicitement assimilées à des anches animées par le courant d'air, le phénomène générateur initial — le plus physiologique — tombait lui-même dans le domaine des oscillations auto-entretenues dont la dynamique des vibrations donne l'explication complète.

Les acousticiens, de leur côté, n'accordèrent en général que peu d'attention aux problèmes phonatoires car, pour eux, il ne faisait pas de doute que l'étude de la formation de la voix relevait de la physiologie.

La phonation fut donc ainsi *abandonnée*, peut-on dire, aux spéculations d'individualités peu habituées à la recherche scientifique, et qui ne disposaient, ni des connaissances, ni des moyens expérimentaux indispensables : elle ne fut abordée que par quelques laryngologistes, quelques phonéticiens et quelques artistes lyriques ou professeurs de chant. Les uns et les autres remplacèrent les données expérimentales absentes par des *systèmes d'idées*, ou *théories vocales*, qui finirent par obnubiler les esprits et exercèrent une influence néfaste dont nous souffrons encore actuellement. Par la suite, une part importante des efforts destinés à établir la physiologie phonatoire sur des bases raisonnables devra être employée — dans tous les pays — à débarrasser les esprits et les manuels scolaires de ces produits de l'imagination (2).

---

(1) Exposé fait le 7 mars 1956 à la Faculté des Sciences de Paris (Institut Henri Poincaré) dans le cycle de *Conférences Interscienees* organisé par M. le Professeur Georges BOULIGAND.

§ 2 - Dans les lignes qui suivent, nous montrerons que les problèmes posés par l'étude de la fonction phonatoire ne justifiaient nullement le dédain ou l'abandon dont ils ont été si longtemps les victimes. Ils ont été par bonheur l'objet, depuis six années, en France, tant au Laboratoire de Physiologie de la Sorbonne que dans un grand nombre d'hôpitaux parisiens, de recherches actives de la part de physiologistes de métier et d'éminents spécialistes de disciplines médicales diverses. La revue, même très incomplète, des résultats obtenus, montrera le haut intérêt scientifique de ces problèmes, et mettra en outre en évidence le nombre élevé des sciences spécialisées diverses dont la mise en œuvre est exigée pour leur étude.

Chemin faisant, nous montrerons comment les anciens problèmes doivent être correctement posés, quels problèmes nouveaux sont apparus, et dans quelles directions nouvelles s'organisent actuellement les recherches concernant ce vaste domaine de la connaissance demeuré si longtemps et si injustement méconnu.

I. — La structure acoustique des sons du langage. Composantes périodiques, presque-périodiques et aléatoires.

§ 3 - Il fut admis jusqu'en 1952 que tous les sons du langage étaient des sons périodiques complexes, justiciables d'une décomposition en série de Fourrier. On les concevait donc comme formés d'un fondamental accompagné d'une suite plus ou moins étendue d'harmoniques. C'est ce que l'on peut appeler la *théorie spectrale* des sons du langage.

En fait, lorsqu'on procède à des analyses ou à des synthèses de *voyelles chantées* en partant de cette hypothèse, les résultats sont entièrement satisfaisants. En ce qui concerne les *voyelles*

(2) Nous serions toutefois injuste en omettant de dire que, dans nombre d'écrits émanant de laryngologistes, se trouvent parfois des observations cliniques de grand intérêt touchant les troubles de la voix et du langage, et qui constituent des données de premier choix dont il doit être tenu le plus grand compte. C'est notamment le cas, en langue française, des écrits de Lermoyez et Gouguenheim, Castex, Thooris van Borre, Labarraque, Guns, Garde, notamment. On doit également à certains artistes lyriques ou professeurs de chant, comme Garcia, Faure, Stephen de la Madelaine, Lily Lehmann, Labriet, Razavet, Rouard, de bonnes descriptions de leurs sensations internes et des postures organiques liées à la formation de la voix chantée. Parmi eux, Charles Battaille, qui était Docteur en Médecine, a laissé des travaux de la plus haute qualité. Parmi les phonéticiens, les noms de l'Abbé Rousselot, Mercédès V. A. de Chaves, Louise Kaiser, Panconcelli-Calzia et Agostino Gemelli sont à retenir. Les trois derniers nommés, notamment, doivent être considérés comme les véritables fondateurs de la Phonétique Biologique et Psychophysiologique, et nous leur devons dans ces domaines une contribution magistrale.

parlées, les résultats sont encore convenables, quoique moins bons. Mais, appliquée à l'analyse ou à la synthèse des *consonnes,* l'hypothèse d'une composition spectrale harmonique se révèle totalement inadaptée.

C'est W. Meyer-Eppler, de Bonn, qui eut l'idée en 1952 de considérer les consonnes comme formées de composantes *aléatoires,* et commença leur étude systématique de ce point de vue, laquelle devait se révéler, non seulement féconde, mais décisive.

Nous avons repris, dès 1953, avec Rémi Saumont, l'étude de la structure acoustique des sons du langage « *ab ovo* » à l'aide de moyens appropriés. Il est apparu que tous les sons du langage sont compris entre deux types extrêmes : l'un *périodique pur* (type voyelle chantée ouverte), l'autre *aléatoire pur* (type consonne continue sourde). Tous les autres sons du langage sont *mixtes,* c'est-à-dire qu'ils résultent de la superposition d'une composante périodique complexe et d'une ou plusieurs composantes aléatoires. C'est ainsi que, dans la voyelle chantée *fermée,* une faible composante aléatoire apparaît déjà, tandis que, dans les consonnes continues *sonores,* une petite composante périodique est présente. Dans les voyelles *chuchotées,* les composantes des deux types ont une importance à peu près égale. Une classification générale des sons du langage a pu être donnée de ce point de vue : nous ne la reproduirons pas ici.

§ 4 - Si l'on fait abstraction des sons chuchotés (où il n'y a pas à proprement parler de voix), ces deux types de composantes ont une double origine remarquablement simple : toute composante périodique est issue du larynx, c'est-à-dire de la *vibration des cordes vocales ;* tandis que toute composante aléatoire est un son d'écoulement résultant de la circulation de l'air expiré dans le pavillon laryngo-pharyngo-bucco-nasal.

En ce qui concerne la *voix parlée,* un fait nouveau est rapidement apparu : la composante laryngée n'est jamais rigoureusement périodique. Sa fréquence fluctue *à chaque période* (comme l'avait observé Abas dès 1928). Cette composante est donc en réalité *presque-périodique* (au sens de Bohr-Favard). Il y a à cela une raison neurologique que nous donnerons un peu plus loin (§ 13).

Ces faits peuvent se résumer ainsi : tous les sons du langage résultent de la superposition d'une composante *laryngée* et de composantes *sus-glotiques.* La composante laryngée est périodique dans la voix chantée et presque-périodique dans la voix parlée. Les composantes sus-glottiques sont en général aléatoires ; mais, dans les sons chuchotés, la ou les composantes périodiques sont elles-mêmes d'origine sus-glottique (sons de cavités).

§ 5 - Ces divers types de composantes s'analysent et s'étudient par des procédés fort différents :

1°) Les composantes périodiques se représentent de façon satisfaisante par des séries de Fourrier dont le fondamental a la fréquence de la vibration des cordes vocales. Leur étude est classique, et tout a été dit sur elles.

2°) Les composantes presque-périodiques se représentent par des polynômes trigonométriques dont les différents termes ont des fréquences sans relations rationnelles, et il ne s'agit plus que d'une équivalence cinématique ; on est en face de *fournitures dépourvues de hauteur tonale.* Leur étude est entièrement à faire de ce nouveau point de vue.

3°) Les composantes aléatoires n'ont pas encore reçu de représentations analytiques satisfaisantes ; mais elles peuvent cependant être analysées par une intégrale d'auto-corrélation, qui permet d'apprécier leur cohérence interne (Meyer-Eppler, Moles). Leur étude est à peine commencée de ce point de vue.

§ 6 - Ajoutons que les composantes d'origine laryngée sont toujours — lorsqu'elles existent — beaucoup plus intenses que les autres : cent fois plus en ce qui concerne les voyelles parlées ; un million de fois plus en ce qui concerne les voyelles chantées. L'étude du larynx en tant que générateur de son est donc primordiale.

Avant de nous y consacrer, voyons comment se caractérisent acoustiquement les voyelles, qui sont les éléments les plus intenses, donc fondamentaux, du langage.

II. — La théorie spectrale des voyelles.

§ 7 - Pour simplifier, nous nous placerons dans le cas des voyelles tenues, analogues aux voyelles chantées, afin de n'avoir à considérer que des sons périodiques.

Les premiers physiciens qui en firent l'étude, vers 1850, et notamment Helmholtz et Koenig, remarquèrent que certains sons *simples,* de hauteurs bien définies, reproduisaient déjà *grosso modo* le timbre de certaines voyelles fondamentales : OU, O, A, E, I. D'où l'idée que chaque voyelle était caractérisée par *un* harmonique particulièrement intense de hauteur déterminée. Mais certaines voyelles échappèrent toujours à toute tentative de synthèse établie selon cette hypothèse.

On s'adressa alors à des sons complexes pourvus de *deux* harmoniques prédominants, et le succès fut presque complètement atteint. En faisant varier les hauteurs tonales et les intensités relatives des deux sons prédominants, on reproduisit de façon satisfaisante tous les timbres vocaliques, et, au surplus,

l'analyse directe des voyelles parlées vint apporter une bonne confirmation à ces travaux de synthèse en faisant retrouver avec une intensité notable, dans les voyelles analysées, les doubles sons composants caractéristiques de chaque timbre vocalique. Sur ce point, les travaux furent très nombreux et bien concordants, et il semble difficile d'ajouter quoi que ce soit aux résultats obtenus par les acousticiens du Bell Telephone Laboratories : Potter, Steinberg, Schoot, Dunn, etc.

Chemin faisant, il fut démontré que l'un des harmoniques prédominants (ou encore, comme on dit, l'un des « formants ») provenait d'un renforcement offert par la cavité buccale, l'autre provenant de la cavité pharyngée, avec la réserve d'un fort effet de « couplage » liant entre eux les états résonantiels développés simultanément au sein des deux cavités.

Pour tous les timbres vocaliques, les deux formants caractéristiques furent trouvés compris dans un intervalle de fréquence allant de 200 à 2.500 Hz. Et chacun varie peu avec le fondamental laryngien. Mais l'analyse électro-acoustique des voix révéla aussi la présence, parfois, d'harmoniques allant jusqu'à 4.000 Hz environ (F. Winckel). Ces formants aigus n'altèrent pas sensiblement la couleur vocalique fondamentale ; ils ajoutent au timbre un « mordant » et un « éclat » rappelant les caractères correspondants de certaines voix puissantes de basses ou de barytons.

La théorie spectrale des voyelles, bien assise maintenant, s'établit donc ainsi : au sein d'une fourniture complexe (périodique ou presque-périodique), la présence d'*un* harmonique prédominant (entre 200 et 2.500 Hz) suffit déjà à faire apparaître une certaine « vocalité » ; la présence de *deux* harmoniques prédominants (particuliers) accroît la « vocalité » et permet une bonne reproduction de tous les timbes vocaliques fondamentaux ; avec *trois* ou *quatre* formants, les reproductions sont encore plus variées et permettent d'atteindre le *vocalisme individuel ;* l'adjonction des formants plus aigus (jusqu'à 4.000 Hz) permet la reproduction de *qualités laryngées* (mordant de la voix).

III. — Le vibrateur glottique et le pavillon sus-glottique : rôles comparés et énergie vibratoire dissipée.

§ 8 - Dans la formation des sons de voyelles, on aperçoit donc déjà deux actes bien différents, quoiqu'inséparables : 1°) au niveau du larynx, nous avons la création d'une *fourniture complexe* (que nous supposerons périodique pour simplifier), et 2°) au niveau des cavités sus-glottiques, nous avons un relancement des masses aériennes dont l'effet est de transformer fortement les coefficients de la série de Fourrier représentant la fourniture glottique initiale.

Dans le pavillon sus-glottique, aucun harmonique (ou partiel) n'est créé (contrairement à ce que croient nombre d'auteurs). La plupart des harmoniques composant la fourniture glottique sont amoindris en intensité, sauf quelques-uns (deux surtout en principe) dont l'intensité est accrue : ce sont ces derniers qui donnent à la voyelle sa *vocalité* particulière, et leurs numéros d'ordre dépendent évidemment de la configuration instantanée du pavillon. De celle-ci dépend également l'importance du renforcement que ces harmoniques obtiennent (au détriment de l'intensité des autres bien entendu).

§ 9 - Si ce schéma de la formation des voyelles — helmholzien dans son principe — est vrai en gros, il ne donne qu'un aspect très simplifié des phénomènes, et doit être retouché comme suit :

1°) De la glotte aux lèvres, la longueur du tube additionnel n'est que de 16 centimètres pour un homme de taille moyenne, ce qui est très inférieur à la longueur d'onde des sons vocaux courants (*voix de poitrine* comprise entre Ut1, 5 mètres, et Ut4, 0 m. 64 ; *voix de tête* comprise entre Ut3, 1 m. 30, et Ut5, 0 m. 32). Il en résulte que le pavillon pharyngo-buccal n'est le siège d'aucun phénomène de *propagation :* l'air y est *relancé en bloc*. Le problème d'une propagation intra-pharyngobuccale ne se pose donc que pour les sons suraigus de certains sopranos légers présentant un troisième registre (rarissime) et atteignant au moins le La5 (0 m. 17 de longueur d'onde).

2°) La cavité pharyngo-buccale est en réalité composée de deux cavités couplées P et B (fig. 1*a*). Le son propre de l'une dépend de celui de l'autre, et cette dépendance varie avec la voyelle. Le problème est banal, et a souvent été traité par le calcul.

3°) Les états résonantiels développés au sein du pavillon additionnel réagissent sur le vibrateur et sur son entretien. S'il s'agit d'une *anche*, il y a réaction sur la *fréquence*. Si le vibrateur comporte une force extérieure qui impose une fréquence, la réaction modifie la *fourniture glottique* et l'*entretien* (c'est-à-dire le *débit*). Nous reviendrons plus loin sur cet aspect des phénomènes, d'une importance théorique considérable, et sur lequel l'expérimentation a donné des résultats précis.

§ 10 - Enfin, le problème de l'énergie absorbée par tout le système est également intéressant. De toute l'énergie fournie par le sujet pour entretenir la vibration des cordes vocales et l'émission sonore, une part seulement sert à alimenter l'*onde vocale progressive extérieure* qui seule parvient à l'auditeur.

Cette part ne représente jamais plus de 60 % (environ) de l'énergie mécanique dépensée au niveau du larynx. La différence sert à : 1°) secouer la boîte cartilagineuse laryngée (ce qui alimente des sensations pallesthésiques transmises au squelette) ;

2°) faire vibrer des masses aériennes contenues dans des cavités closes ou quasi-closes (fosses nasales, sinus, sacs pulmonaires, etc.) ; 3°) alimenter des turbulences aérodynamiques sur tout le parcours du pavillon ; 4°) exercer une pression acoustique sur les parois du pavillon (en partie absorbée par elles).

Toute cette énergie vibratoire est *perdue pour l'auditeur :* elle est *dissipée.* Mais nous verrons plus loin qu'elle n'est pas perdue pour le sujet qui émet des sons, car elle alimente des *sensibilités internes* dont le rôle physiologique phonatoire est fort important (voir plus loin, IV et VIII).

IV. — Quelques données récentes sur le fonctionnement du vibrateur glottique.

§ 11 - Comment fonctionne le vibrateur laryngien ? Il est temps de parler de ce problème important, puisque c'est dans ce fonctionnement que réside la source principale de l'énergie vocale.

Depuis Ewald (1898), il a été unanimement admis — et ce *sans aucune preuve expérimentale* — que le larynx en phonation normale fonctionne comme une *anche à bourrelets* (polsterpfeife). L'influx nerveux (reçu par le laryngé inférieur et le laryngé supérieur) contribue à régler la *raideur* des bourrelets de l'anche ; la vibration n'est alors qu'une oscillation des bourrelets *auto-entretenue par le courant d'air trachéal.*

Depuis son apparition, elle se heurte à des difficultés graves. Non seulement elle est impuissante à expliquer nombre de troubles de la voix dans lesquels le vibrateur n'est pas altéré, mais même des faits très simples de physiologie vocale normale sont en complète opposition avec elle. En voici un exemple : quand un sujet passe de la voix de poitrine à la voix de fausset, son larynx se décontracte considérablement ; la raideur diminuant, le rappel est plus lent, et le son devrait baisser. La voix de fausset devrait être plus grave que la voix de poitrine. *C'est le contraire qui a lieu.*

Nonobstant ces impossibilités et ces incompatibilités, cette vieille explication — qui n'est au demeurant qu'une *vue de l'esprit* — fut gardée parce qu'*on ne savait pas par quoi la remplacer* (3). Et c'est ainsi que nombre de laryngologistes,

(3) Les vrais physiologistes, cependant, n'en furent pas dupes. En 1937, on s'aperçut que le grand *Traité de Physiologie Normale et Pathologique*, publié par Masson sous la direction de MM. Roger et Binet, ne contenait aucun article relatif à la phonation. Ce n'était pas un oubli, car Louis Lapicque me déclara, beaucoup plus tard : « Nous avons reconnu à l'époque, d'un commun accord, que nous n'avions rien de sérieux à dire sur la phonation. »

dans tous les pays, échafaudèrent sur elle pathogénies et thérapeutiques, encore parfois enseignées *ex cathedra* dans certaines Facultés de Médecine (*horresco referens !*).

§ 12. — Cet état de choses s'est cependant modifié du tout au tout à la suite de travaux expérimentaux nombreux faits en France. Commencés en 1933 par nous-même, ils connaissent une progression remarquable depuis 1952, grâce aux recherches expérimentales — dont quelques-unes représentent des travaux excessivement difficiles — de Paul Laget, André Moulonguet, Georges Portmann, René Humbert, Jean-Louis Robin, Edouard Garde, J.-H. Amado, Albert Djian, Rémi Saumont, Robert Gaillard, Jacques Vannier, Edouard Caraboeuf, Michel Gargouil, André Soulairac, Jean Piquet, Gabriel Decroix, Claude Libersa, Léonce Labarraque, etc.

Les rapporter en détail serait impossible. Je me bornerai à dire que, dans leur ensemble, ils dessinent le fonctionnement suivant du larynx en phonation : les influx récurrentiels descendent en salves régulières sur le larynx, salves se succédant à la fréquence de la voix ; chaque salve stimule les fibrilles musculaires des cordes vocales, qui viennent s'insérer en « dents de peigne » sur leur bord libre ; les cordes vocales sont ainsi décollées, et l'air sous pression fuse à travers la glotte ; puis les cordes vocales reviennent en contact, et ne bougent plus jusqu'à ce qu'une nouvelle salve d'influx vienne les décoller à nouveau.

On comprend ainsi comment la fréquence de la voix est *imposée* par celle des influx récurrentiels. Ajoutons que les influx se propagent « en phase » dans le récurrent tant que la période réfractaire des axones le permet, et, pour des fréquences plus élevées, par groupes « biphasés », « triphasés », etc., selon des modalités de conduction découvertes dès 1935 par Stevens et Davis sur le nerf auditif.

En résumé, dans cette explication — qui interprète une multitude de faits expérimentaux — le larynx joue le rôle, dans la phonation, d'un *robinet à ouvertures rythmées* qui débite de la pression sous-glottique (selon l'expression d'Yves Rocard) ; cette pression ainsi débitée se transforme en pression acoustique dans le pavillon, en raison de la fréquence des ouvertures. C'est ce que M. Simon Rodbard, de Buffalo (U.S.A.), appelle un mécanisme d'*airflow puff*, expression imagée et fort heureuse.

§ 13 - Dernière remarque : les salves d'influx récurrentiels proviennent évidemment du cerveau (ce qui ne nous gêne plus depuis les travaux de Bremer). C'est ce qui a fait dire à M. Soulairac que l'ensemble de ces données expérimentales dessinaient la *genèse encéphalique de la vibration des cordes vocales.*

Ce dernier fait implique une explication remarquablement simple du fait que, en voix *parlée*, les vibrations de la voix ne

sont pas périodiques, mais *presque-périodiques* (voir plus haut, § 4). En effet, en voix *chantée,* on est conduit à admettre un contrôle neurologique cortical des fréquences des salves d'influx récurrentiels (lié aux centres de l'audition) ; en voix *parlée,* le sujet se désintéressant de la hauteur, la fréquence est *libérée* de ce contrôle cortical, et alors *fluctue à chaque période.*

V. — Les réactions élastiques et myotatiques des cordes vocales pendant leur vibration.

§ 14 - Le schéma explicatif précédent replace le problème de la vibration des cordes vocales sur le terrain de la physiologie neuro-musculaire et de la physiologie cérébrale. Il n'a donc point gagné en simplicité. Cependant, exposé comme il est fait plus haut (§ 12), il est encore exagérément simplifié.

Trois notions, au moins, interviennent pour le compliquer, en se bornant à celles qui proviennent de ce que le robinet distributeur de pression qu'est le larynx n'est pas inerte, mais *sensible* à cette pression.

En premier lieu, lorsqu'une salve d'influx décolle les cordes vocales, la pression qui s'insinue entre elles poursuit leur écartement et allonge un peu la durée d'une phase d'ouverture. Il se développe ainsi, au sein de chaque corde, une *réaction élastique complémentaire* d'origine périphérique. Les récentes mesures de Rolf Timcke, de Hambourg, portant sur la durée de la phase d'ouverture glottique pendant la vibration, permettent même de l'apprécier.

En second lieu, la pression sous-glottique exerce sur chaque corde vocale une *stimulation myotatique* très importante par l'intermédiaire des baro-cepteurs superficiels ou profonds et des tensio-cepteurs musculaires ou tendineux. Cette action myotatique accroît la raideur de la partie vibrante, élève l'excitabilité des myofibrilles des cordes vocales (Lapicque, Dumont), et probablement aussi abaisse leur seuil de réponse aux stimulations motrices qui leur parviennent.

Enfin, en troisième lieu, comme l'a récemment et brillamment exposé Gérard Rudolph (1955), la corde vocale en vibration est l'origine d'influx proprioceptifs qui, par une voie réflexe cérébelleuse, reviennent sur elle-même. Ces influx *entretiennent très certainement son tonus :* des preuves nombreuses en sont acquises. Que ces influx stabilisent aussi sa fréquence est moins certain, car on ne voit pas comment une telle stabilisation — à supposer qu'elle existe — serait compatible avec la presque-périodicité de la vibration en voix parlée.

Quoi qu'il en soit, il est hors de doute que le sphincter laryngien, distributeur rythmé de la pression sous-glottique,

réagit à cette pression en modifiant son débit, bien que la fréquence de ses ouvertures n'en dépende point. C'est dire que la *fourniture glottique* va dépendre beaucoup de cette pression. Nous retrouverons ce fait plus loin (VI[e] et VII[e] parties).

VI. — Le tonus du sphincter laryngien et la fourniture glottique.

§ 15 - Pendant la vibration des cordes vocales, et même en supposant celle-ci rigoureusement périodique pour simplifier, les bouffées d'air qui sortent de la glotte constituent une *fourniture de pression* qui, si elle est périodique, n'en est point pour cela *sinusoïdale*. Elle est donc décomposable en une *suite d'harmoniques* dont le fondamental possède la fréquence des ouvertures de la glotte.

Cette décomposition en série de Fourrier sera d'autant plus riche en harmoniques *aigus* que la vibration des cordes vocales sera elle-même plus éloignée d'un type simple, et notamment que leur *phase d'accolement* à chaque période sera plus longue. Or la durée de cette phase d'accolement croît avec le tonus du sphincter glottique.

On en conclut que la richesse de la voix en harmoniques aigus, c'est-à-dire le *mordant* ou *éclat de la voix*, croît avec le tonus du sphincter glottique et diminue avec lui.

§ 16 - Cette relation très stricte est d'un immense intérêt. Elle donne en effet la clef de l'analyse pathogénique des altérations du *timbre* ou *mordant* de la voix : elle conduit à l'étude de toutes les sources d'afférences (excitatrices ou inhibitrices) susceptibles de faire varier le tonus du sphincter glottique.

Cette étude a été faite, et nous renvoyons, quant à ses résultats, aux travaux originaux (Soulairac, Husson, Amado, Garde, Larger, Tomatis, Decroix, Vaillant, etc.).

VII. — L'impédance ramenée sur le larynx pendant la phonation. Réaction de l'acoustique des salles sur la vibration des cordes vocales.

§ 17 - Nous avons déjà rappelé plus haut (§ 9) que, pendant le fonctionnement de tout haut-parleur, la membrane se charge de toutes les impédances du pavillon (Rocard). Le larynx n'y saurait faire exception. Pendant la phonation, toutes les impédances du tube additionnel pharyngo-bucco-nasal sont *ramenées sur le larynx*, où elles viennent modifier le jeu instantané des pressions qui découlent des ouvertures glottiques rythmées.

Comme Conturie le fait observer dans son excellente « Acoustique dans les bâtiments » (Eyrolles, Paris, 1955, pages 78-79), tout supplément d'impédance ramené sur le larynx a pour effet d'*élever la pression intra-glottique*. L'amplitude de la vibration des cordes vocales doit donc *croître*.

C'est en effet ce que l'expérience montre sans grande difficulté : 1°) d'abord par l'observation laryngo-stroboscopique directe (Garde, dans la thèse de Husson, 1950) ; 2°) et aussi par la tomographie frontale du larynx en phonation (Husson et Djian, 1952 ; Djian, 1955).

§ 18 - Mais il y a plus : on sait que la membrane d'un haut-parleur se charge aussi des *impédances extérieures* que doit vaincre l'onde progressive entretenue par lui. Le larynx doit donc également subir l'impédance de transfert issue de l'entretien de l'onde vocale extérieure bucco-labiale : autrement dit, il doit être sensible aux propriétés acoustiques de la salle dans laquelle se trouve placé le chanteur ou l'orateur.

Ce point a été entièrement élucidé par nous en 1951, avec la collaboration d'Edouard Garde et d'André Richard, et il a pu être montré expérimentalement que le chanteur voyait sa facilité d'émission décroître considérablement dans un local dont le temps de réverbération était trop faible (avec un temps optimum de 4 ou 5 secondes environ). Ce qui compte est d'ailleurs la réverbération locale au niveau du sujet qui chante. Nous renvoyons au mémoire original pour tout détail et pour l'analyse complète des phénomènes, assez complexes. (Pour l'orateur, notamment, le problème est sensiblement différent.)

VIII. — Les sensibilités internes dans la phonation et leurs rôles. Le schéma corporel vocal et l'analyse de Soulairac.

§ 19 - Ce qui précède suffirait déjà à montrer la complexité des problèmes soulevés par la genèse des sons du langage. Mais l'image que nous venons d'en donner est encore très insuffisante sur au moins un point, qu'il convient maintenant d'examiner.

Nous savons que, pendant la phonation, les organes concourant à l'acte phonatoire sont le siège de *sensibilités internes* de natures multiples que le sujet ressent, analyse et localise avec plus ou moins de netteté :

— On peut décrire des sensations *intéro-ceptives* (intra-buccales, intra-pharyngées, intra-trachéales) ;

— On perçoit des sensations *proprio-ceptives* kinesthésiques au niveau du larynx, de la sangle abdominale, et parfois de la musculature pelvienne ;

— On ressent des sensations *pallesthésiques* au niveau du massif osseux de la face et du thorax ;

— Enfin, la sensorialité *auditive* est elle-même fortement stimulée.

Or, depuis de longues années, les chanteurs se sont toujours trouvés d'accord pour assigner à ces sensibilités un rôle capital dans l'exercice de leur art, qui exige une utilisation *maxima* — et même *extensive* — de leurs possibilités phonatoires en *intensité* et en *fréquence*.

De ce fait, il était du plus haut intérêt d'étudier ces problèmes en détail et avec le plus grand soin.

§ 20 - Nous avons poursuivi cette étude, avec des collaborations nombreuses (notamment de chanteurs et de chanteuses de l'Opéra et de l'Opéra-Comique (4)), depuis 1930 ; mais ce n'est que très récemment que A. Soulairac, utilisant des données de physiologie nerveuse modernes, a pu en donner une synthèse satisfaisante et en analyser les divers rôles. Je résume comme suit la systématisation tracée par lui, qui constitue en fait un nouveau chapitre de la physiologie de la phonation.

1°) Aux sensibilités internes énumérées plus haut (et aux stimulations auditives) est d'abord dévolu un rôle d'alimentation du tonus du sphincter laryngien par voies courtes, convergeant sur la formation réticulée facilitatrice du tronc cérébral par des collatérales de la voie spino-thalamique banale. C'est là leur rôle le plus direct, facilement mis en évidence par l'expérimentation.

2°) En second lieu, parvenant aux aires spécifiques du cortex par les fibres spino-thalamiques ordinaires, elles affleurent à la conscience où elles constituent le *schéma corporel vocal* du sujet. Ce dernier, par la conscience qu'il en a, et par leur appréciation en intensité et en localisation à chaque instant, exerce un contrôle permanent sur son émission vocale.

3°) En troisième lieu, par le système activateur diffus mis en évidence par les travaux de Moruzzi et Magoun, ces sensibilités et sensorialités contribuent à l'entretien de l'activité de base du cortex et du niveau de vigilance du sujet. Et, par voie de conséquence, cette activité corticale diffuse se répercute sur le tonus de la formation réticulée facilitatrice et la dynamogénie des systèmes musculaires mis en œuvre simultanément.

Cette analyse rend compte remarquablement d'une foule de faits observés de tous temps par les professionnels du chant, et également de tous les faits expérimentaux mis en évidence depuis peu. Nous ne pouvons insister ici et renvoyons, pour leur étude détaillée, aux travaux fondamentaux.

---

(4) Je citerai et remercierai tout particulièrement Mmes Mado Robin, Suzanne Juyol, Maryse Beaujon, Hélène Bouvier, Rita Gorr, Berthe Monmart, Simone Couderc ; et MM. Paul Lanteri, Paul Razavet, Georges Vaillant, René Bianco, Henri Medus, et Roger Gallia.

En se reportant aux §§ 15 et 16 qui précèdent, on comprendra qu'elle constitue la clef de l'importante question de l'entretien du tonus du sphincter laryngien et de ses défaillances.

IX. — Les théories mathématiques de la phonation.

§ 21 - Les faits exposés ci-dessus constituent une trame complexe au sein de laquelle phénomènes mécaniques, acoustiques, aérodynamiques et physiologiques purs, sont étroitement intriqués et interdépendants. Il était naturel que l'on fasse quelques efforts en vue d'en donner une *théorie mathématique*, car l'élaboration d'une telle théorie permet souvent, dans des cas analogues, de mieux voir les phénomènes essentiels et de mieux séparer les facteurs principaux des facteurs secondaires.

Nous en exposerons deux ci-après : l'une, donnée en 1930 par Wegel, qui assimile les deux cordes vocales à deux *anches à bourrelets ;* l'autre, donnée par nous en 1953, qui voit dans le larynx un distributeur de bouffées périodiques de pression débitées dans le tube pharyngo-buccal, avec période (ou presque-période) imposée par le récurrent. Dans l'un et l'autre exposé, nous réduirons les raisonnements à l'essentiel.

§ 22 - Wegel met le système de forces (imaginé par lui) appliqué au larynx en équations en utilisant les équations de Lagrange, et en appliquant celles-ci aux expressions de l'énergie cinétique totale et de l'énergie potentielle du larynx (préalablement formées par lui).

Les hypothèses introduites dans sa mise en équations sont intéressantes à noter : 1°) il suppose d'abord qu'aucune force extérieure n'agit sur le système en dehors du courant d'air, de la réaction élastique des cordes, et d'une réaction éventuelle des volumes d'air sous- et sus-glottiques relancés ; 2°) il suppose en outre qu'aucune compression n'existe jamais sous la glotte, celle-ci étant à chaque instant annihilée par un écoulement d'air dans le pharynx.

Si x désigne le chemin parcouru par une molécule d'air qui fuit à travers la glotte, et si p est un *opérateur algébrique* (ayant les dimensions d'une fréquence) de la forme $dx = p/dt$, $d^2x = p^2/dt^2$, etc., p se trouve déterminé par l'équation :

$$\begin{vmatrix} (p^2L_1 + pR_1 + pM_1) & (pG + pM_2 + K) \\ (-pG + pM_2) & (p^2L_2 + pR_2 + pM_3 + K_2) \end{vmatrix} = 0$$

qui constitue une équation différentielle liénaire du quatrième ordre en x.

Wegel poursuit son analyse en supposant que les réactions exercées par les cavités sont nulles, ce qui annule M_1, M_2 et M_3.

L'équation restante admet une racine nulle (sans intérêt), une racine négative réelle (également sans intérêt puisque définissant un mouvement non vibratoire), et deux racines quelconques. Un mouvement périodique entretenu sera alors possible si l'une au moins des deux racines quelconques est *imaginaire pure.*

Ainsi donc, l'analyse de Wegel est nécessairement ramenée à l'étude des conditions d'existence d'une oscillation auto-entretenue et à la *détermination de sa fréquence*. Ces conditions étant satisfaites, il convient de voir dans quelles limites et sous quelles nouvelles conditions cette fréquence peut varier, ce qui conduit à un problème de *calcul des variations* fort élégamment traité par Wegel.

Nous ne nous étendrons pas sur cette analyse, très remarquable cependant à bien des titres, car les hypothèses qui sont à sa base sont en contradiction évidente avec l'expérience : 1°) d'une part le système laryngien n'est pas un système *isolé ;* il contient effectivement au moins *une force extérieure imposée,* qui est la stimulation récurrentielle qui lui parvient pendant la phonation ; 2°) d'autre part il existe, sous la glotte, pendant la phonation, de *fortes compressions* (atteignant facilement 50 cm. d'eau chez un sujet normal) ; 3°) et, enfin, la réaction des cavités sus-glottiques ne saurait être négligée : elle est considérable et constitue un facteur essentiel du conditionnement de la vibration des cordes vocales ; mais, alors que, dans l'analyse de Wegel, elle modifie à chaque instant la fréquence, l'expérience montre que, dans la réalité, cette réaction ne modifie aucunement la hauteur de la voix, mais seulement sa fourniture glottique.

§ 23 - Repoussant la comparaison avec une anche pour les motifs énoncés ci-dessus, nous avons analysé en 1953 le mouvement des cordes vocales en considérant toutes les forces qui s'exercent sur elles pour les mouvoir ou les déformer. Les stimulations récurrentielles qui leur parviennent pendant la phonation y interviennent notamment sous forme de chocs rythmés tendant à écarter leurs bords libres de la ligne glottique médiane.

Nous avons pris pour fonctions du temps : 1°) l'élongation x de la première cordale vocale en son milieu à partir de sa position d'accolement ; 2°) l'élongation x' identique, en sens opposé, pour la deuxième corde ; 3°) les variations de pression acoustique y, z, η et ζ débitées respectivement par les goulots linguo-vélaire, sus-vélaire, bucco-labial et naso-narinaire. Nous avons désigné respectivement par Z_2 et Z_3 l'impédance du milieu extérieur pré-buccal et celle opposée par le goulot naso-narinaire (fig. 1*b*). Ceci posé, le système différentiel définissant l'onde de pression η qui alimente l'onde vocale extérieure pro-

gressive à la sortie de la bouche, dans le cas le plus général (sons nasalisés), est de la forme suivante :

$$\left\{\begin{array}{l}
\dfrac{M\,d^2x}{dt^2} + [A - a\,(y+z)]\,\dfrac{dx}{dt} + R\,\dfrac{dx'}{dt}\,[B - b\,(y+z)]x - Sx' \\
\qquad\qquad - [C - c\,(y+z)]\,(x+x')^2 = P\,(t) \\
\dfrac{M'\,d^2x'}{dt^2} + [A' - a'\,(y+z)]\,\dfrac{dx'}{dt} + R\,\dfrac{dx}{dt} + [B' - b'(y+z)]x' - Sx \\
\qquad\qquad - [C' - c'\,(y+z)]\,(x'+x')^2 = P'\,(t) \\
D\,\dfrac{d^2y}{dt^2} + y + z + \eta - F\,(x+x')^2 = 0 \\
E\,\dfrac{d^2z}{dt^2} + y + z + \zeta - F\,(x+x')^2 = 0 \\
Q\,\dfrac{d^2\zeta}{dt^2} + Z_3\,J\,\dfrac{d\zeta}{dt} + \zeta - Nz = 0 \\
O\,\dfrac{d^2\eta}{dt^2} + Z_2\,I\,\dfrac{d\eta}{dt} + \eta - Ly = 0
\end{array}\right.$$

La première équation définit le mouvement de la première corde vocale, et la seconde celui de la deuxième corde vocale.

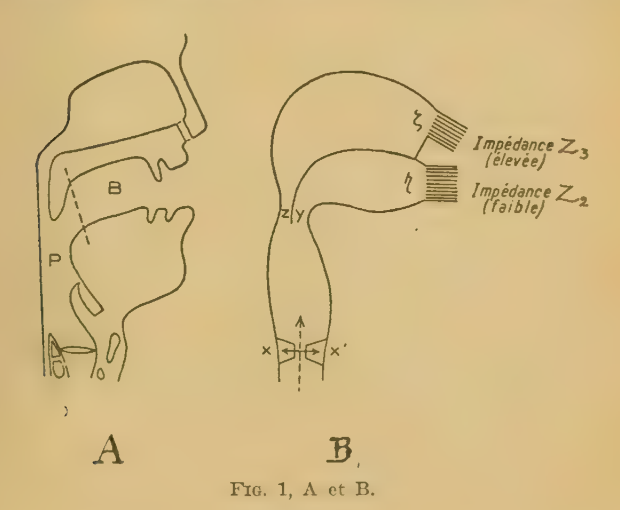


Fig. 1, A et B.

Elles sont étroitement *couplées*. Si on suppose les deux cordes vocales bien symétriques et recevant des impulsions récurrentielles rigoureusement égales et simultanées (cas physiologique

normal), les deux équations deviennent identiques et se réduisent à une seule, et le mouvement de chacune ne dépend plus que d'une équation du second ordre (mais non linéaire et du *type de Mathieu généralisé,* et avec second membre).

La troisième équation définit le couplage de la cavité pharyngée à la cavité buccale, et la quatrième son couplage avec le rhino-pharynx, l'ensemble des deux représentant le relancement du pharynx.

La cinquième équation définit la pression dans le rhino-pharynx ; et la sixième la pression dans la bouche — élément terminal du système phonatoire — qui alimente l'onde vocale progressive.

L'assimilation de cette dernière pression au schéma du « piston plat » (Rocard) donne de suite le raccordement analytique du système avec les fonctions de Bessel qui représentent l'onde extérieure.

§ 24 - Ce système différentiel du douzième ordre, dont l'étude complète reste à faire, appelle cependant déjà, par sa seule forme, d'intéressantes remarques :

En premier lieu, les deux premières équations contiennent chacune un second membre, les fonction $P(t)$ et $P'(t)$, qui représentent l'action sur chaque corde vocale de la stimulation récurrentielle. D'après ce que nous avons vu plus haut (§ 13), nous devons admettre que ces fonctions sont périodiques dans le cas de la voix chantée, et presque-périodiques dans le cas de la voix parlée. Elles sont en principe toutes deux nulles (ou très petites) pendant toute la durée de l'accolement des cordes vocales dans chaque période. Si elles sont périodiques, elles imposent leur périodicité à tout le système, et notamment à l'onde progressive extérieure, et on est alors conduit à rechercher des solutions périodiques admettant la même période. Si ces deux fonctions sont presque-périodiques, l'expérience montre qu'il en est de même de la fonction terminale η et de l'onde progressive extérieure (§ 4) ; mais le théorème des petits mouvements permet ici d'affirmer que l'ensemble des exposants de la fonction presque-périodique représentant la stimulation récurrentielle est identique à celui de la fonction presque-périodique qui représente l'onde extérieure, ou sinon que le second ensemble est intérieur au premier ; cette dernière remarque éclaire naturellement la recherche effective éventuelle des solutions (5).

---

(5) L'utilisation que nous avons faite, dans la présente étude, des fonctions périodiques et presque-périodiques appelle la réserve suivante : lorsqu'on dit qu'une voyelle chantée se laisse représenter par une fonction périodique, il ne s'agit là en réalité que d'une approximation raisonnable ; cette approximation cessant d'être admissible pour une voyelle parlée, c'est une représentation en

En second lieu, les mouvements des deux cordes vocales sont *couplés,* à la fois par la force et par l'amortissement. Van den Berg avait récemment postulé l'existence d'un tel couplage, mais sans en préciser, ni la nature, ni les modalités.

Enfin, cordes vocales et cavités sus-glottiques forment elles-mêmes un *système couplé,* également à la fois par la force et par l'amortissement. Mais il est manifeste que ce couplage ne modifie aucunement la période (ou la presque-période) d'oscillation terminale de la fonction η, qui est celle de la voix, laquelle demeure celle imposée au système par les forces récurrentielles $P(t)$ *et* $P'(t)$.

§ 25 - Nous en avons assez dit pour faire comprendre les différences qui séparent ces deux théories. Ces différences sont essentiellement, en ce qui concerne la seconde analyse : 1°) l'existence d'une force extérieure imposée, ici récurrentielle, périodique ou presque-périodique ; 2°) l'existence d'une sur-pression sus-glottique, qui peut être importante ; 3°) l'intervention de la réaction du pavillon, présentant les caractères d'un transfert d'impédance, qui modifie la fourniture glottique initiale de pression, mais n'altère pas sa fréquence.

CONCLUSIONS

§ 26 - Quoiqu'encore très simplifiée, l'étude qui précède met en évidence les principales complications qui se présentent progressivement dans l'étude des sons du langage, et dont l'examen nécessite l'intervention de sciences multiples et de moyens expérimentaux très divers. Résumons-les.

La simple analyse des sons vocaux conduit à l'emploi, non seulement de la *série de Fourrier,* mais encore des *fonctions presque-périodiques* de Bohr-Favard, et même des *fonctions aléatoires.*

La théorie spectrale des voyelles, en voix parlée, conduit à l'utilisation des *polynômes trigonométriques généraux.*

---

fonction presque-périodique du temps qui devient à son tour meilleure et raisonnable. Louis LAPICQUE exprimait autrefois la même idée lorsqu'il disait : « Pour mettre en équations, nous sommes toujours obligés de schématiser les données de l'expérience ». L'assimilation faite à des fonctions presque-périodiques, dans le cas de la voix parlée, rend d'ailleurs compte du résultat signalé ci-dessus : lorsque le second membre devient presque-périodique, l'onde vocale extérieure le devient aussi, et avec les mêmes caractères. Il est impossible de ne point rapprocher ce fait du théorème de FAVARD sur les équations différentielles linéaires à coefficients presque-périodiques, dont les solutions, sous des conditions assez générales, sont elles-mêmes presque périodiques ; et il est remarquable, dans le cas du problème physique traité ci-dessus, que la presque-périodicité se maintienne nonobstant la présence dans nos équations de termes non-linéaires (petits, il est vrai).

La vibration des cordes vocales fait intervenir la *physiologie cérébrale* dans l'étude de la genèse des stimulis récurrentiels, la *physiologie nerveuse* dans l'étude de leur propagation, et la *physiologie neuro-musculaire* dans l'étude de la réponse des cordes vocales à ces stimulis.

Le fonctionnement des cavités sus-glottiques pose des problèmes de « *sons propres* » *de cavités*, de *couplages de cavités*, et de *transfert d'impédance sur la source vibratoire*. L'acoustique des salles y intervient par l'impédance ramenée résultant de l'entretien de l'onde vocale extérieure progressive, notamment.

L'alimentation et l'entretien du tonus du sphincter glottique exige l'étude des *sensibilités intéro-* et *proprio-ceptives*, et des *liens neurologiques entre l'audition et la phonation*. Les propriétés de la *formation réticulaire* y interviennent au premier chef, ainsi que le fonctionnement des systèmes d'afférences *spécifique* et *diffus*, et la notion psycho-physiologique de *schéma corporel vocal* couronne l'édifice.

Enfin, la théorie mathématique de la phonation conduit à l'étude de systèmes différentiels d'un ordre élevé, couplés, non-liénaires, et pourvus de *seconds membres* dont la représentation analytique est hérissée de difficultés.

Nous pensons en avoir dit assez pour montrer combien ces problèmes sont dignes de l'attention des chercheurs de tous ordres, et nécessairement prometteurs de résultats aussi intéressants que nouveaux.

R. Husson.

BIBLIOGRAPHIE.

Abas, A. — Recherches expér. sur le timbre de voyelles. *Archiv. Néerl. de Phon. Expér.*, II, 1928, 93-171.

Amado, J.-H. — Glandes Endocrines et Phonation ; l'Endocrino-Phoniatrie. *Conférences Palais de la Découverte*, Série A, n° 211, 12 février 1955.

Conturie, L. — *L'Acoustique dans les Bâtiments*. Eyrolles, Paris, 1955.

Coraboeuf, Ed., Saumont, R. et Gargouil, M. — Etude comparée de l'activité électrique du récurrent du chien et de celle d'autres nerfs de mammifères. *Revue de Laryng.* Portmann, Supplementum de mars-avril 1956.

Djian, A. — Leçon professée à la Sorbonne dans le Cours de Psychophysiologie et de Psychopathologie de la Phonation et du Langage, 11 octobre 1955.

Dumont, P. — Thèse Fac. Sciences, Paris, 1933.

Dunn, H.-K. — *J. A. S. A.*, 1950.

Ewald, J.-R. — *Handbuch der Laryng. und Rhinol.*, von Heymann, T. I, page 165, 1898.

Favard, J. — *Leçons sur les Fonctions Presque-Périodiques*. Gauthier-Villars, Paris, 1933.

Husson, R. — Rôle de la fourniture laryngée dans la formation du timbre des voyelles parlées et chantées, et genèse des passages et des registres de la voix. *C. R. Acad. Sciences*, Paris, 200, 1935, p. 1.630.

HUSSON, R — Etude des phénomènes acoustiques et physiologiques fondamentaux de la voix chantée. *Thèse Fac. Sciences*, Paris, 17 juin 1950. *Revue Scientifique*, Paris, n°s 3.306, 3.307 et 3.308, 1950 (couronnée par l'Institut de France).

HUSSON, R. — Etude stroboscopique des modifications réflexes de la vibration des cordes vocales déclenchées par des stimulations expérimentales du nerf auditif et du nerf trijumeau. *C. R. Acad. Sciences*, Paris, 232, 1951, p. 1.247.

HUSSON, R — Relations neuro-psychologiques entre la Phonation et l'Audition. *Annales des Télécommunications*, VI, 10, 1951. Et *Cahiers d'Acoustique*, III, 1951, p. 67.

HUSSON, R. — Propriétés fondamentales de la neuro-musculature des cordes vocales au cours de la phonation. *Jl. de Physiol.*, 43, 1951, p. 757.

HUSSON, R. — Sur la Physiologie vocale : quelques données nouvelles et fondamentales. *Annales d'Oto-Laryngologie*, Paris, 1952, n° 2-3, 124-137.

HUSSON, R. — Etude expérimentale, au cours de la phonation, des organes phonateurs en tant que récepteurs intéro- et proprio-ceptifs, et des régulations afférentes. *Jl. de Physiol.*, 44, 1952, 268.

HUSSON, R. — La réponse de l'effecteur laryngien aux impulsions neuro-endocrino-végétatives dans le chant. *Conférence Palais de la Découverte*, Série A, n° 173, 15 novembre 1952.

HUSSON, R. — Théorie de la Vibration des Cordes vocales, *C. R. Acad. Sciences*, Paris, 236, 1953, p. 1.697.

HUSSON, R. — Physiologie de la Phonation et Phoniatrie. *Revue des Questions Scientifiques*, T. XV, 1954, 75-98, Louvain (Belgique).

HUSSON, R. — Sur les modalités de la commande récurrentielle de certaines voix suraiguës. *Jl. de Physiol.*, 46, 1954, 386.

HUSSON, R. — La commande et la régulation centrales de l'activité récurrentielle pendant la phonation. *Jl. de Physiol.*, 46, 1954, 388.

HUSSON, R. — La mesure « in situ » de l'excitabilité récurrentielle chez l'Homme et ses applications physiologiques et cliniques. *Bull. Acad. Méd.*, Paris, n° 1-2, 1955, pp. 25-32.

HUSSON, R. — Sur le conditionnement physiologique de l'intensité de la voix. *Jl. de Physiol.*, 47, 1955, 197.

HUSSON, R. — Physiologie de la vibration des cordes vocales. *C. R. Acad. Sciences*, Paris, 241, 1955, p. 242.

HUSSON, R. — Physiologie Phonatoire du Larynx. *Encyclopédie Médico-Chirurgicale*, vol. O.-R.-L., décembre 1955, 20.632 BIO (11 pages, 10 fig. et bibliog.).

HUSSON, R. et DJIAN, A. — Tomographie et Phonation. *Jl. de Radiol. et d'Electrol.*, 33, 1952, n° 3-4, 127-135.

HUSSON, R., GARDE, Ed. et RICHARD, A. — Etude de la vibration des cordes vocales et de la couverture des sons sur le Mi 3, sous cocaïnisation profonde des thyro-aryténoïdiens internes. *C. R. Acad. Sciences*, Paris, 230, 1950, 999.

HUSSON, R., GARDE, Ed. et RICHARD, A. — L'Acoustique des Salles du point de vue du chanteur et de l'orateur. *Annales des Télécommunications*, VII, 2, 1952. Et *Cahiers d'Acoust.*, IV, 1952.

HUSSON, R. et SAUMONT, R. — Analyse générale de la structure acoustique des sons du langage par superposition de composantes périodiques et aléatoires. *C. R. Acad. Sciences*, Paris, 237, 1953, 1.555.

LAGET, P. — Reproduction expérimentale de la vibration des cordes vocales, etc. *Revue de Laryng.* PORTMANN, Supplementum de février 1953, 132-142. Et *Jl. de Physiol.*, 45, 1953, 131.

MEYER-EPPLER, W. — *Zeitschrift für Phonetik u. allgem. Sprachwissenschaft*, 6, 1952, 5-6, 269-284 ; 7, 1953, 1-2, 89-104 ; 7, 1953, 3-4, 196-212.

MOLES, A. — *Annales des Télécommunication*, 1952. Et *Cahiers d'Acoustique*, IV, 1952, pp. 46-54.

Moruzzi, G. et Magoun, H.-W. — *E. E. G. Clin. Neurol.*, I, 1954, 455.

Moulonguet, A. — Démonstration, chez l'Homme, de l'existence dans le nerf récurrent de potentiels d'action moteurs synchrones avec les vibrations des cordes vocales. *Revue de Laryngologie.* Portmann, Supplementum de février 1954, 110-127. Et *Bull. de l'Acad. Méd.*, Paris, 137, n° 29, 1953, 475-482.

Piquet, J., Decroix, G. et Lifersa, C. — *C. R. Acad. Sciences*, Paris, Séance du 5 mars 1956. (A paraître.)

Portmann, G., Humbert, R., Robin, J.-L. et Laget, P. — Etude électro-myographique des cordes vocales chez l'Homme. *C. R. Soc. de Biol.*, Séance du 12 février 1955. Idem, Séance du 11 juin 1955 et *Revue de Laryng.* Portmann, Supplementum de mars-avril 1956.

Potter, R.-K. et Steinberg, J.-C. — *J. A. S. A.*, 22, 1950, 6, 807-820.

Rocard, Y. — *Dynamique Générale des Vibrations.* Masson, Paris, 2e édition, 1953.

Rudolph, G. — Rôle des influx proprioceptifs issus de la musculature laryngée pendant la phonation. *Revue de Laryng.* Portmann, Supplementum de mars-avril 1956.

Schott, L.-O. — *Bell Labor. Rec.*, XII, 1950.

Soulairac, A. — Sensibilités internes et phonation. *Revue de Laryngologie.* Portmann, Supplementum de novembre 1955, 666-674.

Stevens et Davis. — *J. A. S. A.*, 8, 1936, 1.

Timcke, R. — *Dis Naturwissenchaften*, 42, 19, 1955, p. 542. Springer, Berlin.

Tomatis, A. — *Exposés Annuels d'O.-R.-L.*, 1954, p. 264, Masson, Paris.

Vaillant, G. — Répercussions phonatoires des états affectifs, des état émotionnels et intentions expressives volontaires. *Revue de Laryng.* Portmann, Supplementum de novembre 1955, 683-689.

Van den Berg, J. — *Zeitschrift f. Phon. u. allgem. Sprachw.*, 8, 1954, 5-6, 281-293.

Vannier, J., Saumont, R., Labarraque, L. et Husson, R. — Production expérimentale de blocages synoptiques récurrentiels par des stimulations auditives homorythmiques avec déphasages réglables. *Revue de Laryng.* Portmann, Suplementum de février 1954, 160-168.

Vannier, J. et Husson, R. — La vibration des cordes vocales dans les surdités unilatérales. *Communication A. F. E. P. L.*, Séance du 29 mars 1954.

Wegel, R.-L. — Theory of vibration of the larynx. *Bell System Technical Journal*, IX, 1930, 207-227.

Winckel, F. — Die Selbststeuerung der menschlichen Stimme. *Funk und Ton*, n° 3, 1953, 124-132.

Questions d'Enseignement

Méthodologie comparée, impressions d'un cycle de conférences intersciences

D'exemples empruntés à des disciplines variées, M. Kivéliovitch a conclu combien c'est difficile d'estimer la part du hasard avec justesse. La tâche du statisticien est ainsi fort délicate pour s'élever de suites de données numériques à des vues d'ensemble.

Le recours simultané à plusieurs techniques s'est confirmé nécessaire, d'une part, à l'examen des problèmes divers que soulève la phonation, d'autre part, face aux recherches visant à préciser nos connaissances sur le cerveau. Dans le premier secteur, M. Raoul Husson est parvenu à une organisation qui contraste avec les incertitudes antérieures ; depuis sa thèse, l'acousticien et le biologiste ont combiné leur efforts avec ceux du mathématicien, attentif aux fonctions voisines des fonctions périodiques. Dans le domaine neurologique, le Docteur Laget a mis en parallèle les résultats de l'électro-encéphalographie et les processus chimiques liés au métabolisme cérébral. Commentant tour à tour chacun de ces exposés dans un esprit familier à ses auditeurs du Palais de la Découverte, M. André Soulairac, professeur à la Faculté des Sciences, a souligné les apports des méthodes psycho-physiologiques : à ceux qui seraient tentés de tout réduire ici à des processus combinatoires, il a conseillé de ne pas oublier la préparation d'une suite de démarches par une décision soudaine et la haute difficulté d'analyser un tel déclenchement.

De son côté, M. Costa de Beauregard a su noter de tout nouveaux aspects dans le difficile secteur de la dynamique relativiste des ensembles de points en interaction, qu'il associe à des questions de mécanique classique sur les systèmes de fils, transposées à l'espace quadridimensionnel de la relativité restreinte.



Ce qui résulte de ces synthèses, c'est d'abord la pluralité des techniques à mettre en œuvre pour l'étude expérimentale d'un

(1) Voir aussi, p. 000, Le pédagogue accrédité.

thème : chose soulignée aussi, fin de 1954, dans la R. G. S., par M. R. Jacquesson à propos de la plasticité des métaux. Les praticiens du laboratoire le savent bien.

Il convient, après l'exposé de dynamique relativiste, de regarder vers les problèmes théoriques. Une inertie tenace semble river le chercheur à un seul type de moyens. Pour la contrebattre, on ne saurait trop récapituler les apports à la mathématique, venant de deux directions différentes :

a) la direction du visuel ;

b) la direction du très général.

Des exemples permettent d'évoquer ces apports, en formulant quelques règles :

1°) ne pas restreindre la théorie des équations différentielles aux zones d'efficacité de tel ou tel champ opératoire ; mais compléter les résultats ainsi obtenus par l'examen qualitatif, dans la voie ouverte par H. Poincaré ;

2°) savoir préférer à un calcul peu expressif un modèle géométrique, favorable à une mise en forme spontanée (oscillations d'un point pesant sur une parabole d'axe vertical, en négligeant le frottement : ce qu'on ramène à la description sous vitesse constante d'une ellipse) ;

3°) ayant repensé les liaisons *non holonomes* dans le cours de Mécanique rationnelle, s'en évader en approfondissant l'exemple des *liaisons isométriques*, pour divers types d'espaces. On dit qu'une telle liaison (λ) s'exerce entre une courbe C_1 d'une famille f_1 et une courbe C_2 d'une famille f_2 quand la description par C_1 d'une surface S_1, accompagnée en vertu de (λ) de la description C_2 d'une surface S_2, établit entre S_1 et S_2 une correspondance isométrique associant les deux éléments de chaque couple C_1, C_2 (2). Une telle liaison (γ) est non-holonome et, si l'on s'en tient à l'espace euclidien, est de type quadratique.

On trouvera dans les années 1954 et 1955 de la R. G. S., maint article propre aux réflexions de méthodologie comparée.

(2) *C. R. Ac. Sc.*, t. 222, 1946, p. 1195. *Rev. Sc.*, 83, 1945, p. 131-144 ; 84, 1946, p. 220-225.



Henri ARZELIÈS. — La Cinématique relativiste. — Un vol. XI-230 p., Paris, 1955, Gauthiers-Villars, édit.

Dans cet ouvrage, M. Henri Arzeliès présente une bonne mise au point sur les notions fondamentales, le développement mathématique, les applications physiques et les discussions épistémologiques de la cinématique de la relativité restreinte.

Dans une première partie, introduction générale à la physique relativiste, M. Arzeliès examine comment se présentent en physique les mesures de longueur et de durée, le choix du système de référence et la position de la théorie de la relativité restreinte par rapport aux idées proposées sur la nature ou la structure des théories physiques.

La seconde partie développe d'une façon très détaillée la cinématique relativiste et quelques-unes de ses applications : étude de la transformation de Lorentz-Einstein, transformation des longueurs et des durées, transformations des vitesses et des accélérations, problèmes de mise en route et d'arrêt, paradoxe des horloges, examen des problèmes posés par le disque tournant, emploi de l'univers de Minkowski.

Des notes historiques et bibliographiques très complètes accompagnent les différents chapitres et mettent bien en évidence la nécessité de l'emploi des idées de la relativité restreinte pour une compréhension correcte des phénomènes physiques.

G. PETIAU.

Emile BOREL et André CHÉRON. — Théorie mathématique du Bridge à la portée de tous. — 2e édit., 1955, un vol. in-8 (16 × 25), 414 p., Paris, Gauthier-Villars Edit. Prix : 2.200 francs.

Tous les joueurs de bridge utilisent d'une manière consciente ou inconsciente le calcul des probabilités en déterminant leur ligne de jeu par une évaluation plus ou moins instinctive de certaines probabilités.

L'ouvrage de M. Emile Borel, l'un des plus grands mathématiciens français, mort récemment, présente d'une façon simple et complète les calculs détaillés permettant de comprendre les techniques souvent subtiles de ce jeu. Avec de nombreux tableaux de nombres, des séries d'évaluations successives appréciant en suivant les phases même du jeu la meilleure conduite à tenir, MM. E. Borel et A. Chéron développent une théorie mathématique complète du bridge. Cinq chapitres étudient successivement le battage des cartes, la distribution des cartes après la donne, la phase des déclarations, le jeu de la carte, les règles de la marque et la meilleure ligne de jeu. Dix notes complémentaires apportent des éclaircissements ou analysent des problèmes plus particuliers. La seconde édition qui paraît maintenant contient, en outre, une nouvelle note particulièrement importante sur les applications pratiques de la formule de Bayes et résout d'importants problèmes pratiques sur le jeu de la carte.

G. PETIAU.

Robert BRISAC — Exposé élémentaire des principes de la Géométrie euclidienne. — Préface de René de Possel. — Un vol. in-8 (77 p.), Paris, 1955, Gauthier-Villars édit. Prix : 1.200 francs.

Ce volume présente un exposé axiomatique des principes de la géométrie élémentaire en considérant comme notion fondamentale la notion de déplacement.

En utilisant des éléments de la théorie des ensembles et en prenant pour axiomes successifs les propriétés les plus naturelles, l'auteur reconstruit d'une façon très élégante les principaux théorèmes de la géométrie élémentaire. Il est remarquable que la « géométrie » ainsi construite n'introduit pas les figures. Des démonstrations classiques telles que celle du théorème de Pythagore apparaissent dégagées de toute représentation graphique et se ramènent à des enchaînements de déduction rattachés à des axiomes simples.

Destiné aux professeurs enseignant la géométrie élémentaire, cet ouvrage leur apportera un exposé original, imprégné des idées mathématiques modernes.

G. PETIAU.

Herbert T. DALMAT. — The Black Flies (Diptera Simuliidae) of Guatemala and their role as vector of onchocerciasis. Les Simulies du Guatémala et leur rôle comme vecteurs de l'onchocercose. — Smithsonian miscellaneous Collections. Vol. 125, n° I, avril 1955 ; 425 p., 43 pl.

En dépit de leur très petite taille — ce sont des moucherons de 1 à 6 mm. — les Simulies présentent une importance économique considérable, et apparaissent dans beaucoup de régions comme un véritable fléau. Chez diverses espèces de ces moucherons, les femelles se nourrissent de sang, et, souvent en très grand nombre à la fois, elles attaquent avec voracité l'homme et les animaux domestiques. Leurs piqûres, douloureuses et très irritantes, on des effets d'autant plus graves qu'elle sont multipliées.

En 1923, plus de 16.000 animaux domestiques périrent en Roumanie des suites des piqûres par des nuages denses d'une Simulie, pullulant de façon exceptionnelle. Si les conséquences des attaques des Simulies ne vont pas pour l'homme jusqu'à la mort, elles peuvent être suffisamment sérieuses pour interdire pratiquement toute activité humaine dans d'assez vastes régions à certaines époques de l'année.

Aux troubles provoqués par l'action directe des piqûres de ces Diptères s'ajoutent, en Afrique et en Amérique Centrale, ceux, plus vastes, consécutifs à l'inoculation d'une Filaire, **Onchocerca volvulus**, agent de l'onchocercose ; celle-ci se traduit par des tumeurs sous-cutanées, et des troubles divers pouvant aboutir à la cécité.

L'importance des Simulies au Guatémala, singulièrement en ce qui concerne la transmission de l'onchocercose, a incité l'auteur à leur consacrer plus de six années d'études approfondies. Les résultats obtenus sont rassemblés dans ce fort volume de plus de 400 pages, qui contient en outre une très riche documentation iconographique sous forme de photographies, dessins, courbes et diagrammes. L'ensemble constitue une monographie d'une grande valeur, et dont l'intérêt déborde largement le cadre géographique de la région où les recherches ont été effectuées.

L'ouvrage débute par de fort intéressantes généralités, d'une lecture agréable ; l'auteur, après avoir rappelé l'importance économique des Simulies, y expose toutes les conditions géographiques, écologiques et ethnographiques règnant au Guatémala, et qui influent plus ou moins directement sur l'abondance de ces insectes et sur l'épidémiologie de l'onchocercose. L'étude systématique,qui vient ensuite, est très détaillée, et s'étend sur 250 pages ; elle comporte de nombreuses clés de détermination tant pour les larves et les nymphes que pour les imagos, et des descriptions minutieuses de chaque espèce à ses différents états de développement.

Ce sont les chapitres suivants, consacrés à divers aspects de la biologie des espèces anthropophiles et zoophiles, qui présentent sans doute la plus grande valeur générale. Bien que relatives seulement à des espèces d'Amérique Centrale, les fort nombreuses données, qui y sont exposées, augmentent beaucoup nos connaissances sur les caractères biologiques généraux des Simuliidés hématophages. Ces données concernent d'abord les imagos (hôtes préférés, comportements de piqûres, effet du milieu environnant, gîtes et refuges, etc.), puis les stades préimaginaux, et plus particulièrement les conditions écologiques nécessaires au développement de chaque espèce (effets de l'altitude, de la température, de la teneur de l'eau en substances dissoutes, du pH, de la vitesse des courants, etc.). La partie biologique se termine par d'importants exposés sur les fluctuations saisonnières des populations de Simulies et sur la transmission de l'onchocercose humaine au Guatémala.

En « Appendices » des tableaux synoptiques, des courbes et des diagrammes condensent les résultats numériques obtenus au cours des recherches écologiques et éthnologiques. Enfin, une présentation très soignée et la riche illustration contribuent à faire de ce volume une œuvre très complète, fondamentale pour la connaissance des Simulies, et de leur rôle pathogène.

J. CARAYON.

Arnaud DENJOY. — Articles et Mémoires. — Deux volumes in-8 (16 × 25), 1.108 pages, 1955. Prix : 5.100 francs. Paris, Gauthier-Villars, édit, 1955.

Avant de réunir en un volume les très nombreuses communications aux Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris dans lesquelles il a exposé les résultats de ses recherches, M. Arnaud Denjoy a rassemblé à l'intention des analystes, la collection reproduite photographiquement de ses divers travaux publiés par les périodiques spécialisés.

Le premier tome contient les mémoires de M. A. Denjoy relatifs au champ complexe : Les produits canoniques d'ordre infini (Thèse 1909) ; Le facteur primaire de Weierstrasse (1936) ; Approximation sommatoire de certaines séries analytiques (1951) ; Une démonstration de l'identité fondamentale de la fonction ξ (s) de Riemann (1953-54) ; Une extension de la formule de Jensen (1933) ; Une propriété des groupes homographiques (1936) ; Les séries de fractions rationnelles (1924) ; Les singularités des séries rationnelles (1926) ; La continuité des fonctions analytiques singulières (1932) ; Etude sur la détermination des singularités de la fonction analytique définie par une série de Taylor (1938) ; Les séries de Taylor admettant leur cycle de convergence comme coupure (1940) ; Le prolongement analytique de Weierstrass (1938) ; Les continus cycliques et la représentation conforme (1942) ; La représentation conforme des aires planes (1944).

Le second volume contient les mémoires relatifs au champ réel et les notices sur les travaux scientifiques de M. Arnaud Denjoy : Quelques propriétés des fonctions de variables réelles (1905) ; Les propriétés des nombres dérivés (1916) ; L'intégration des différentielles totales (1934) ; Recherches récentes sur les séries trigonométriques ; La convergence en moyenne absolue des séries trigonométriques (1940) ; L'intégration des coefficients différentiels d'ordre supérieur (1935) ; La division d'une sphère en trois ensembles (1933) ; L'additivité métrique vectorielle des ensembles et les discontinuités tangentielles sur les courbes rectifiables (1933) ; Une extension du théorème de Vitali (1951) ; A propos des théorèmes dits « de Janiszecoski » (1951) ; L'insertion de nouveaux éléments dans un ensemble ordonné (1952) ; Les systèmes complets de fractions (1911) ; Les courbes définies par les équations différentielles à la surface du tore (1932) ; Une fonction réelle de Minkowski (1938) ; L'erreur commise dans le calcul

approché d'une racine par la méthode de Newton. Démonstration d'un théorème sur les séries à termes positifs (1911) ; Notices sur les Travaux Scientifiques (1921 ; 1934 ; complément 1942).

G. PETIAU.

J. DUCLAUX. — **Traité de Chimie-Physique appliquée à la Biologie.** XVII : Centrifuges et ultra-centrifuges (I. III, Chap. V). — Collection Actualités scientifiques et industrielles, Hermann et C°, édit., Paris, 1955, 126 p. Broche : 800 francs.

C'est un panorama extrêmement critique des méthodes et des possibilités de la centrifugation et de l'ultra-centrifugation.

Après avoir décrit les réalisations techniques les plus générales comme les plus particulières et étudié les différents procédés de mesure en usage, l'auteur détaille les méthodes d'observation et de calcul de diffusion, de sédimentation et phénomènes connexes.

Diverses applications sont prises comme exemple : étude de la nature des virus, des toxines, des anticorps, des enzymes, des densités, des protéines, des colloïdes...

C'est surtout à discuter des difficultés de la théorie qu'a voulu s'attacher l'auteur, envisageant successivement le rôle de la température du rotor, de la viscosité de l'eau, de l'équilibre de sédimentation, d'ionisation, de répartition ; analysant, en particulier, l'influence de l'interaction entre particules selon leur forme, leur nombre, leur mélange, leur pression osmotique, leur hydratation, etc. Le cas des solutions polydisperses est spécialement envisagé.

C'est dire que tous les aspects du problème sont disséqués, sans échappatoires : en fait, ce chapitre du « Traité de Chimie-Physique appliquée à la Biologie » repose, à la lumière des résultats de ces dix dernières années, la question de la validité même des bases de la méthode telle qu'elle a été pratiquée jusqu'alors et indique les voies de l'Espoir.

P. F. CECCALDI.

Paulette FÉVRIER. — **L'interprétation physique de la mécanique ondulatoire et des théories quantiques.** — Un vol. in-8 (16 × 25) de VIII-216 p., Paris, 1956, Gauthier-Villars édit. Prix : 3.200 francs.

Depuis environ quatre ans différents groupes de physiciens ont émis des doutes sur la validité des raisonnements qui concluaient à partir des relations d'incertitude de Heisenberg à la non-existence du déterminisme dans les phénomènes individuels du domaine corpusculaire microscopique. A Paris notamment, M. Louis de Broglie et ses élèves ont développé une théorie satisfaisante sur beaucoup de points qui rattache l'indéterminisme de Heisenberg au caractère de la connaissance statistique et maintient l'existence d'un certain déterminisme dans la description des phénomènes individuels de la microphysique. L'ouvrage de Mme P. Février essaie au moyen de l'appareil mathématico-logique de M. J.-L. Destouches, d'introduire ces nouvelles idées dans les théories radicalement opposées développées par elle-même et J.-L. Destouches dans de nombreux livres et publications. La théorie de M. Louis de Broglie s'y trouve notamment exposée sous une forme restrictive appelée ici « méthode du fluide associé de M. Destouches » qui, dégagée du langage et du formalisme logistique, ne paraît contenir que des résultats antérieurs obtenus soit par MM. Bohm et Vigier, soit par M. Louis de Broglie.

G. PETIAU.

Maurice FRÉCHET. — **Les Mathématiques et le Concret.** — Presses Universitaires de France, 1955.

Ce volume est composé d'articles distincts publiés précédemment par l'auteur dans diverses revues. L'unité du livre tient en ce que ces articles sont écrits non pas pour apprendre des mathématiques au lecteur, mais pour l'inciter à réfléchir sur les fondements même des Mathématiques et ses applications aux sciences humaines.

M. Fréchet s'adresse non pas à des spécialistes mais au grand public, aussi a-t-il délibérément écarté tout ce qui est strictement technique pour insister sur le point de vue logique et philosophique. Naturellement M. Fréchet a particulièrement considéré les domaines qui lui sont les plus familiers : l'Analyse Générale d'une part, le Calcul des Probabilités et l'Analyse Statistique d'autre part. Il met en évidence l'importance de la méthode axiomatique mais souligne qu'à l'origine il y a toujours un problème concret ; à une définition imposée par l'expérience de susciter une définition logique, M. Fréchet insiste sur la nécessité de vérifier les concordances des conséquences des deux définitions, et sur le fait qu'un point doit être établi entre la théorie mathématique et les applications. Il montre en particulier que la confusion qui a régné dans l'exposé et la discussion des fondements du Calcul des Probabilités était due à une insuffisance de discrimination entre la théorie purement mathématique du calcul des probabilités et son interprétation dans le monde réel.

Enfin M. Fréchet expose comment il conçoit l'enseignement élémentaire de la géométrie, par exemple, et l'enseignement de la statistique. Le livre se termine par deux biographies : celle de Buffon et de celle de Arbogast, et par un Appendice plus technique sur : le nombre naturel et ses généralisations, l'arithmétique de l'infini et le nombre de dimensions d'un ensemble abstrait.

E. MOURIER.

GARRATT (D.C.), Chief Analyst, Boots Pure Drug Co. Ltd. — **The quantitative Analysis of Drugs.** — Seconde édition, Chapman and Hall LTD, London.

La seconde édition de « The quantitative Analysis of Drugs » a été très élargie et comprend de très nombreux produits médicamenteux et leurs préparations pharmaceutiques.

L'ouvrage comprend d'abord des monographies, dans l'ordre alphabétique, contenant les méthodes de déterminations quantitatives du produit, de ses sels, et des préparations dont il est le principal constituant. A la fin de chaque monographie sont placées les références bibliographiques. Ensuite on trouve les méthodes générales d'analyse des huiles, graisses, cires, huiles essentielles. Puis les méthodes physiques : absorption dans l'ultra-violet et dans le visible, titrages électrométriques, méthodes potentiométriques, spectrographie d'émission, photométrie de flamme, polarographie, etc... L'appendice comprend la détermination de l'eau, de traces d'impuretés métalliques dans les matières organiques, la détermination des alcaloïdes, du degré alcoolique, etc..., les titrages en milieu non aqueux, les réactions microanalytiques. Ce livre, essentiellement pratique, clairement présenté, rendra d'immenses services aux analystes chargés des essais des médicaments.

S. LONGUEVALLE.

Zdenek KOPAL. — **Numerical Analysis** (Analyse numérique). — Un vol. XIV-556 p., London, 1955, Chapman et Hall édit. Prix : 63 s.

L'ouvrage de M. Z. Kopal développe un cours d'Analyse numérique des fonctions d'une variable réelle exposé aux étudiants du Massachussetts Institute of Technology à Cambridge (U. S. A.) de 1947 à 1951. L'exposé très clair et très complet met à la disposition des étudiants et des ingénieurs une somme de résultats et de problèmes pratiques résolus permettant de traiter les principaux problèmes d'analyse numérique introduits par les études technologiques modernes. M. Z. Kopal expose successivement les méthodes d'interpolation polynomiale, les méthodes de différenciation numérique, les méthodes d'intégration numérique des équations différentielles, les méthodes algébriques, variationnelles, itératives, etc..., permettant de résoudre les problèmes aux limites, les méthodes de quadrature mécanique, les méthodes de résolution numérique des équations intégrales et des équa-

tions intégrodifférentielles. Une série d'appendices exposent notamment l'emploi des méthodes opérationnelles en analyse numérique, la méthode d'interpolation trigonométrique, et contiennent une série importante de tables numériques. Des notes bibliographiques et de nombreux problèmes complètent les différents chapitres.

G. PETIAU.

Œuvres de LAVOISIER, tome VII, Correspondance par R. FRIC, préface de L. de Broglie, fascicule I (1763-1769), 1 volume broché 21 × 27 cm., 249 pages, Albin Michel édit., Paris, 1955.

Les documents de Lavoisier (manuscrits, registres de laboratoire, correspondance) conservés à l'Académie des Sciences ont permis à J.-B. Dumas et à E. Grimaux de publier six volumes des œuvres, édités de 1861 à 1898. Ces six volumes renferment l'œuvre scientifique du grand chimiste ainsi qu'un nombre important de mémoires divers, d'économie politique entre autres, et quelques lettres particulièrement intéressantes. La correspondance, par contre, était restée inédite. Sa publication a pu être réalisée sous le haut patronage de l'Académie des Sciences, grâce au concours de l'Union internationale d'histoire des Sciences et à une subvention de l'UNESCO. La publication comprendra deux volumes dont le premier fascicule vient de paraître.

M. René Fric, spécialiste de la vie et de l'œuvre de Lavoisier, a su, comme l'écrit M. Louis de Broglie dans la préface, « mener à bien la tâche étendue et difficile de réunir, de classer et d'annoter un nombre considérable de lettres écrites par Lavoisier ou adressées par lui par divers correspondants et d'autres documents émanant de lui. On ne saurait trop féliciter M. Fric, ajoute M. L. de Broglie, du soin et de la compétence qu'il a apportés dans ce travail et de la peine qu'il s'est donné pour en venir à bout ». « Au milieu de tous les détails souvent minimes ou familiers, que va nous faire connaître la publication de la correspondance de Lavoisier, nous verrons mieux se dégager devant nous la remarquable figure d'un des savants français les plus justement illustres, d'un des hommes les plus merveilleusement doués de tous les temps. »

(On doit noter la parfaite présentation de cet ouvrage.)

P. LAFFITTE.

LOEBLICH (Alfred-R.) et **TAPPAN (Helen). — Revision of some Foraminiferal genera.** [Révision de genres de Foraminifères récents.] — Smithsonian Miscellaneous Collections, vol. 128, n° 5, juin 1955, 37 p., 4 pl.

Pour éclaircir la systématique assez embrouillée de divers groupes de Foraminifères récents, les auteurs ont entrepris d'en redécrire les genres en se basant sur l'étude des spécimens types. Leur mémoire, fort utile pour les spécialistes, comporte, après d'intéressantes remarques générales sur les méthodes d'étude et la systématique des Foraminifères, les définitions de vingt-trois genres et celle d'une famille nouvelle. Une riche illustration figure la plupart des spécimens types étudiés.

J. CARAYON.

R. R. Mc GREGOR. — Les Silicones et leurs emplois. — Un vol. cartonné 16 × 25 cm., 295 p., 31 fig., 33 tableaux, 15 tableaux synoptiques. 2.500 fr., traduit et adapté par G. et M. GENIN, Eyrolles, édit., Paris, 1955.

Mc Gregor a écrit un ouvrage groupant des renseignements techniques épars dont on dispose sur l'ensemble des applications des silicones. Il a ainsi réalisé un ouvrage présentant un grand intérêt : c'est un exposé aussi pratique que possible et qui donne une image exacte et une vue d'ensemble de ce que sont les silicones et aussi une description complète de leurs emplois possibles. La littérature technique, les publications technico-

commerciales des fabricants ont ainsi été analysées et de nombreux spécialistes ont été interrogés pour compléter certaines informations. Il s'agit ainsi en réalité de l'œuvre de nombreux spécialistes, mais qui porte cependant la marque de l'auteur.

G. et M. Génin ne se sont pas contentés d'en faire une simple traduction, mais en ont fait une adaptation de manière à rendre service aux lecteurs français. Ils ont en particulier modifié l'ordre de succession des chapitres en introduisant, au début de l'ouvrage, celui qui traite de la chimie de la fabrication des silicones. D'autre part la littérature donnée par l'auteur est presque uniquement constituée de citations de brevets ou de travaux américains. Or depuis quelques années d'intéressants mémoires ont été publiés en Europe sur les propriétés et les applications des silicones. Aussi G. et M. Génin ont, en annexe, donné la référence des principaux de ces articles, de même qu'ils ont cité quelques travaux américains récents ne figurant pas dans l'édition originale.

Ainsi conçu cet ouvrage, comportant dix chapitres (historiques : chimie de la préparation des silicones, les silicones du commerce ; propriétés et emplois des fluides de silicones ; propriétés et emplois des pâtes de silicones ; propriétés et emplois des lubrifiants à base de silicones ; propriétés et emplois des résines de silicones ; propriétés et emplois des caoutchoucs de silicones ; applications des silicones en pharmacie et médecine ; tableaux synoptiques des applications des silicones dans diverses industries), constituera certainement un outil de travail précieux pour tous ceux qui sont intéressés par l'emploi des silicones.

P. LAFFITTE.

MORET (L.). — Précis de géologie. — Deuxième édition revue et corrigée. Un vol. in-8°, 670 pages, 322 figures. Paris, 1955, Masson édit. Prix : broché, 2.400 francs ; relié, 3.000 francs.

Le précis de géologie de M. L. Moret est une des réussites de la littérature géologique. Il peut être lu par tout le monde, y compris par les lecteurs qui n'ont pas la moindre notion de géologie. Il est parfaitement clair et compréhensible d'un bout à l'autre et richement illustré. Il ne connaît aucune concurrence dans le but qu'il s'est proposé.

Nous sommes heureux de présenter la seconde édition, revue, mise à jour et sensiblement augmentée. Toute la matière des sciences de la terre est exposée en six cent cinquante pages : notions de Minéralogie, Pétrographie, Paléontologie, Stratigraphie, Paléogéographie et Tectonique.

L'ouvrage sera donc lu avec fruit par les étudiants du S.P.C.N., de la licence et des grandes Ecoles, puis par les géographes, les ingénieurs, les biogéographes, tous les naturalistes, en général par tous ceux qui s'intéressent à l'histoire de la Terre.

R. FURON.

M. MOUNIC. — Electronique Industrielle. — Collection « Le Livre au service du Métier ». Editeur Foucher, 128, rue Rivoli, Paris.

Lorsque la technique a tenté, au début du siècle, d'utiliser les premiers résultats que, par sa nouvelle orientation, la physique théorique commençait à mettre à sa disposition, elle a été souvent freinée, sinon arrêtée, par des difficultés matérielles. Les liaisons mécaniques notamment, en raison de l'inertie des pièces métalliques, s'opposaient à la transmission rapide des phénomènes.

Il a fallu, pour surmonter tous les obstacles, le développement extraordinaire de l'électronique, science en pleine évolution, dont l'étude fait l'objet de l'ouvrage de notre collègue, M. Mounic, professeur à l'Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique.

La présentation d'un tel sujet, tant aux techniciens de l'industrie qu'aux élèves de l'enseignement technique, exigeait de l'auteur une érudition très

étendue, une pratique incontestable et une grande expérience pédagogique. M. Mounic réunit ces conditions et son travail est une réussite. Ecrit très simplement, parfaitement présenté avec des figures claires et parlant aux yeux, des tableaux et des graphiques évocatifs, il réunit en quelques 200 pages, l'ensemble absolument à jour des connaissances actuelles sur l'électronique. L'exposé des propriétés de l'électron lui permet de faire une étude complète des tubes à vide à laquelle il ajoute celle des corps semi-conducteurs et de leurs plus récentes applications.

L'ouvrage de M. Mounic est à conseiller non seulement aux techniciens, mais également à tous les physiciens qui tiennent à rester au courant des dernières réalisations de la technique.

Lucien BOES.

W. MUND et M. van MEERSSCHE. — Cours de Physique, T. I. - Notions préliminaires de Mathématiques. Mécanique générale. — Un vol., 817 p., Louvain, Librairie Universitaire et Paris, Gauthier-Villars Edit., 1955.

Cet ouvrage, développe à partir des notes d'un cours professé à la Faculté des Sciences de Louvain, des notions de mathématiques et de mécanique, correspond au niveau de l'enseignement propédeutique.

La première partie : Notions préliminaires de mathématiques, expose successivement des éléments d'algèbre et de géométrie analytique, l'algèbre vectorielle, des éléments de calcul différentiel et intégral, les formules fondamentales de l'analyse vectorielle, les éléments de la théorie des équations différentielles, les principes élémentaires du calcul des probabilités.

La seconde partie : Mécanique générale, expose les principes de la mécanique, les principaux problèmes de l'étude du mouvement du point matériel, la mécanique des systèmes de points en général, des éléments sur la mécanique des solides.

G. PETIAU.

PAILLOUX (H.). — Un aspect du calcul tensoriel. — Mémorial des Sciences mathématiques, fascicule 130. Un fasc. de 74 p., Paris, 1955, Gauthier-Villars, édit.

Dans ce fascicule, M. H. Pailloux s'est proposé d'étendre à certains espaces fonctionnels Σ le formalisme et les méthodes du calcul tensoriel classique. La dérivation et l'intégration, les propriétés géométriques de l'espace Σ, la notion de géodésique sont successivement introduits et étudiés suivant un algorithme analogue à celui du calcul tensoriel. Ces notions sont ensuite utilisées pour établir une théorie de l'intégrale d'Hamilton et des équations de Lagrange de la mécanique analytique pour des systèmes dont la position dépend d'un certain nombre de fonctions arbitraires. L'examen d'une équation intégrale dont la possibilité de résolution a été postulée initialement complète le fascicule.

G. PETIAU.

Ch. PLATRIER. — Mécanique Rationnelle. — Tome I : XII-468 p. 16 × 25 87 fig.), 1954, Tome II : XII-448 p. 16 × 25 (110 fig.), 1955 (Dunod, Paris).

L'ensemble de l'ouvrage, consacré d'une part à la mécanique newtonienne classique et d'autre part à une initiation aux mécaniques relativistes et ondulatoires, est une tentative en vue de donner à ces sciences une assise de principes qui permette d'en limiter les domaines d'adéquation.

Le tome I contient :

— une première partie purement classique où la mécanique newtonienne est partiellement traitée dans les rubriques suivantes : cinématique classique (composition des mouvements, géométrie des masses, cinétique) ; principes et théorèmes généraux de la mécanique newtonienne (dont les

applications générales sont prolongées jusqu'aux équations de Lagrange et d'Appell) ; mouvement et équilibre d'un élément matériel et des systèmes de solides théoriques indéformables (le dernier chapitre étant consacré aux principes des travaux virtuels, de d'Alembert et de Lejeune-Dirichlet) ;

— une seconde partie qui a pour bout d'initier aux mécaniques relativistes et contient des exposés de calcul tensoriel et de cinématique relativiste, suivis de trois chapitres consacrés à la relativité restreinte et à la relativité générale ; le dernier de ces trois chapitres traite de l'univers de Schwarzchild, du problème des deux corps en relativité générale et contient une étude détaillée et simple du mouvement du périhélie d'une planète et de la déviation d'un rayon lumineux dans l'univers de Schwarzchild.

Le tome II contient :

— une première partie, de compléments classiques, consacrée aux milieux déformables mécaniquement, est divisée en mécanique des corps localement déformables (frottements et percussions) et en mécanique des milieux continus entièrement déformables qui traite entre autres sujets : de la cinétique des milieux continus déformables à trois dimensions, de la statique et de la dynamique des fils, des tensions dans les corps continus et de leurs relations avec les déformations, de la statique et de la dynamique de l'élasticité des phénomènes isothermes ;

— une seconde partie qui a pour objet d'initier aux mécaniques ondulatoires de Louis de Broglie, de Schrödinger et de Dirac, et où l'auteur s'efforce de faire de son ouvrage un avant-propos des théories physiques les plus modernes.

M. Platrier annonce, dans ses préfaces, un troisième tome réservé à quelques leçons de recherches scientifiques et techniques consacrées à certaines questions (rattachées à la mécanique rationnelle) que l'observation des faits a posées effectivement à des savants et à des ingénieurs. Puisse ce difficile sujet lui inspirer les pages choisies que l'on attend.

Maurice PARODI.

SHOEMAKER (Clarence R.). — Amphipoda collected at the arctic laboratory, Office of naval research, Point Barrow, Alaska, by G.E. MacGINITIE. [Amphipodes récoltés au laboratoire arctique de Point Barrow.] — Smithsonian Miscellaneous Collections, vol. 128, n° 1, juin 1955, 78 p., 20 fig.

Etude exclusivement systématique de Crustacés Amphipodes marins, récoltés dans les régions arctiques. Les spécimens étudiés appartiennent à vingt-quatre familles, soixante-quatre genres et cent espèces, dont neuf sont nouvelles pour la science. Il s'agit pour la plupart d'espèces arctiques, accompagnées cependant de quelques formes nord-atlantiques et nord-pacifiques, ainsi que d'une espèce appartenant à un genre arctique.

J. CARAYON.

TRAUB (Robert) et **MORROW (Mary Lou). — A revision of the Chiggers of the subgenus Gahrliepia (Acarina : Thrombiculidae).** [Une révision des Acariens du sous-genre Gahrliepia.] — Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. 128, n° 6, juin 1955, 89 p., 194 fig.

Les Acariens parasites des petits Mammifères retiennent depuis quelques années une attention particulière en raison de leur rôle possible comme vecteurs d'agents pathogènes. Aux nombreux travaux récents qui leur ont été consacrés, vient s'ajouter cette étude, essentiellement systématique, du sous-genre Gharliepia. Il s'agit de minuscules Thrombiculidés, dont les larves parasitent divers Rongeurs, notamment des Rats. Les auteurs montrent que la rareté de ces Acariens, plus apparente que réelle, tient surtout à leurs localisations particulières sur l'hôte (follicules pileux des

vibrisses, peau de la région périnéale, etc.), et au fait qu'ils sont difficiles à extraire, même après la mort de l'hôte. Les trente-trois espèces de ce sous-genre, pour la plupart asiatiques, sont ici décrites et figurées : dix-huit d'entre elles sont nouvelles. Outre ces descriptions et des clés de détermination détaillées, le mémoire contient sous forme condensée tout ce que l'on connaît sur l'écologie des larves de ces Thrombiculidés, et sur les hôtes, aux dépens desquels elle se développent.

J. CARAYON.

ZILLER (A.). — Méthodes de différentiation et d'intégration numérique (applications). — Publications scientifiques et techniques du ministère de l'Air, N.T. n° 50, 150 p., 9 fig., Paris, 1955.

L'auteur expose diverses méthodes de différentiation et d'intégration numériques portant soit sur des fonctions données par leurs expressions analytiques, soit sur des coordonnées x, y de N points d'une fonction y = f (x) **a priori** inconnue. .

La première partie traite de la dérivation numérique. Après l'examen d'une proposition relative au développement d'une fonction en série de Taylor, l'auteur examine successivement la dérivation numérique, l'interpolation directe et inverse, l'extrapolation, la réduction à l'équidistance.

La seconde partie porte sur l'intégration numérique : exposé de deux méthodes d'intégration numérique, évaluation numérique d'intégrales définies de diverses formes, calcul d'intégrales doubles, résolution numérique de certaines équations différentielles du premier et du second ordres.

De nombreux exemples d'applications accompagnant les formules montrent dans chaque cas la portée pratique des méthodes de calcul proposées.

G. PETIAU.

Handbook of Chemistry and Physics (37e édition). — Un vol. in-8° couronne de 3.126 p., The Chemical Rubber C°, Cleveland, éditeur. Agent pour la France : Librairie Technique et Documentation, 11, rue Lavoisier, Paris. 5.440 francs relié.

Ce manuel se développe chaque année, le nombre de pages a augmenté de plus de 50 % en vingt ans et 100 pages nouvelles ont été ajoutées à l'édition précédente.

La première partie (333 p.) est constituée par toute une série de tables : logarithmes, log. des fonctions trigonométriques, log. népériens, transformation des degrés en radians et réciproquement, carrés, cubes et racines, tables d'intégration, etc..., suivies d'un aide-mémoire d'algèbre, de géométrie analytique et de trigonométrie.

La deuxième partie (1.148 p.) donne les propriétés physiques et les constantes physiques des éléments, des composés inorganiques, métalliques et organiques, des corps organiques industriels, des graisses et huiles, des résines, minerais, alliages, matières plastiques, caoutchoucs naturels et synthétiques, bois, pigments.

La troisième partie (487 p.) est réservée aux propriétés chimiques : caractères analytiques, solubilités, indicateurs, analyse polarographique, potentiels d'oxydo-réduction, produits de solubilité, constantes thermodynamiques, constitution et propriétés des hormones stéroïdes et des vitamines, composition des aliments. D'autres tables donnent les poids spécifiques de nombreuses solutions aqueuses de sels, d'alcools éthylique et méthylique, les densités des gaz et vapeur, des éléments, des alliages, de l'air et des gaz à l'état liquide et à l'état solide, une table des viscosités, etc.

La quatrième partie (706 p.) traite : 1°) de la chaleur et de l'hygrométrie (coefficients de dilatation, chaleurs spécifiques, points de fusion et d'ébullition, chaleurs de fusion et de vaporisation, conductibilité calorifique, températures de vapeur saturante) ; 2°) Son (vitesse, échelle musicale) ;

3°) Electricité et magnétisme (constantes diélectriques, forces électromotrices, résistivités des métaux et des électrolytes, susceptibilité magnétique, structure des cristaux par les rayons X) ; 4°). Lumière (photométrie, spectres d'émissions, indices de réfraction, transmission des verres colorés et des filtres, substances fluorescentes).

La cinquième et dernière partie comprend un glossaire, une table alphabétique des unités avec leurs coefficients de transformation en unités anglaises et en unités du système métrique, des tables de transformation des unités de longueur, de volume, des échelles thermométriques, etc.

Ce volume, imprimé sur papier bible, n'est pas encombrant malgré son grand nombre de pages et la masse considérable de documentations qui y est rassemblée ; il trouvera sa place dans tous les laboratoires et toutes les bibliothèques scientifiques car il constitue bien, comme les Américains l'ont appelé : « the third hand of the Scientist », la troisième main de l'homme de science.

R. CONSTANS.

ÉCHOS ET NOUVELLES (fin)

● **Attachés scientifiques.** — Certains périodiques scientifiques américains (Chemical and Engineering News, Scientific American) ont récemment signalé le fait que, pour la première fois depuis 1950, les Etats-Unis ne possédaient plus d'attachés scientifiques dans leurs ambassades à l'étranger. Ils qualifient cette situation, non seulement de regrettable, mais même de « criminelle », étant donné le rôle très important que jouent les attachés scientifiques.

La France possède heureusement un « représentant permanent des Universités françaises aux Etats-Unis » qui est un scientifique, ancien professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, ancien Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure des industries chimiques. Il joue un rôle extrêmement utile et important, tant d'après les scientifiques français qui l'ont vu à l'œuvre aux Etats-Unis, que d'après le très grand nombre de scientifiques américains des Universités ou de l'Industrie qui sont en rapports avec lui. Il est regrettable qu'il soit le seul scientifique français à l'étranger. Aussi, dans l'intérêt de la France, il est à souhaiter que des scientifiques français soient nommés à des postes équivalents dans d'autres pays et que de plus le jour où le poste de New-York se trouverait vacant, un autre scientifique y soit désigné. Toute autre politique irait à l'encontre des intérêts français.

Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon. — 7022. - 7-56.
Dépôt légal 3e trimestre 1956 : n° 5801. Le Gérant : R. CONSTANS.